

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**O MUNDO DAS PARTÍCULAS:
UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O
ENSINO DO MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTA-
RES NO ENSINO MÉDIO**

**CAMPO GRANDE, MS
2018**

TALITA GONÇALES BANHEZA

**O MUNDO DAS PARTÍCULAS:
UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O EN-
SINO DO MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES NO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como requisito final para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências, sob a orientação da Prof^a. Dra. Maria Inês de Afonseca Jardim e co-orientação da Prof^a. Dra. Carla Busato Zandavalli Maluf de Araújo.

**CAMPO GRANDE, MS
2018**

Ficha Catalográfica

Talita Gonçalves Banheza

Título: O Mundo das Partículas: Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares no Ensino Médio.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como requisito final para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Maria Inês de Affonseca Jardim
Orientadora/UFMS

Prof^a. Dra. Carla Busato Zandavalli Maluf de Araújo
Co-Orientadora/UFMS

Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira

Prof. Dr. Wellington Pereira de Queirós

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria e Francisco, que sempre me apoiaram em meus estudos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar e dar forças em todos os momentos.

Aos meus pais, pela educação e apoio que me proporcionaram.

À minha orientadora, Prof^a. Dra. Maria Inês de Affonseca Jardim, pela dedicação, apoio e incentivo durante a orientação.

À colaboração da co-orientadora Prof^a. Dra. Carla Busato Zandavalli Maluf de Araújo.

À professora, Ma. Ivonete de Melo Carvalho, que gentilmente contribuiu para a melhoria desse trabalho.

À direção e estudantes da E. E. Dona Consuelo Muller onde foi aplicada essa Unidade de Ensino desenvolvida nesse trabalho.

"...E nunca considerem seu estudo como uma obrigação, mas sim como uma oportunidade invejável de aprender, sobre a influência libertadora da beleza no domínio do espírito, para seu prazer pessoal e para o proveito da comunidade à qual pertencerá o seu trabalho futuro."

Albert Einstein

RESUMO

Nessa dissertação apresentamos o resultado de uma pesquisa que teve como objetivo investigar possíveis contribuições de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para a aprendizagem dos conceitos relacionados ao Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. A abordagem dessa Unidade foi pautada na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel. A Unidade de Ensino foi aplicada em uma escola de ensino médio da rede estadual de ensino de Mato Grosso do Sul, em três turmas de terceiro ano, aproximadamente durante três semanas. Para análise de indícios de aprendizagem significativa, utilizamos como instrumentos de coleta de dados: questionários, linha do tempo e mapa conceitual. A pesquisa utilizou metodologia qualitativa. Para o desenvolvimento, estruturação e aplicação da UEPS, diversas etapas específicas foram cumpridas, incluindo a criação de História em Quadrinhos – Uma Viagem ao Mundo das Partículas. A validação e o diagnóstico daquilo que os estudantes assimilaram e acomodaram em sua estrutura cognitiva, foi feita por meio das atividades avaliativas desenvolvidas durante a aplicação da UEPS. Ao final, a maioria dos estudantes demonstraram satisfação pela proposta e a análise dos resultados apresentou indícios de aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Aprendizagem Significativa. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

ABSTRACT

This dissertation we present the result of a research whose objective was to investigate possible contributions of a Potentially Significant Teaching Unit for the learning of concepts related to the Standard Model of Elementary Particle Physics. The approach of this Unit was based on David Ausubel's theory of meaningful learning. The Teaching Unit was applied in a high school of the state education network of Mato Grosso do Sul, in three classes of third year, approximately during three weeks. For analysis of significant learning cues, we used as instruments of data collection: questionnaires, timeline and conceptual map. The research used qualitative methodology. For the development, structuring and implementation of the LIFO, various specific steps have been taken, including the creation of Quadricorn History - A Journey to the World of Particles. The validation and diagnosis of what the students assimilated and accommodated in their cognitive structure was made through the evaluation activities developed during the implementation of the LIFO. In the end, most of the students demonstrated satisfaction with the proposal and the analysis of the results showed signs of meaningful learning.

Keywords: Standard Model of Elementary Particle Physics, Significant Learning, Teaching Unit.

Lista de Figuras

Figura 1: Mapa Conceitual Partículas Elementares	26
Figura 2: Mapa conceitual sobre Partículas Elementares (Férmions).	27
Figura 3: Mapa Conceitual sobre Partículas Elementares (Hádrons).	29
Figura 4: Mapa conceitual sobre Partículas Elementares (Bósons).....	38
Figura 5: Diagrama de Feynman da interação de quarks gerando um glúon.	44
Figura 6: Ilustração de cortesia Fermilab do Experimento.....	46
Figura 7: Representação do aluno E7 para a constituição da matéria.	79
Figura 8: Representação do aluno E9 para a constituição da matéria.	80
Figura 9: Representação da linha do tempo do aluno E7.	89
Figura 10: Representação da linha do tempo do aluno E8.....	90
Figura 11: Representação da linha do tempo do aluno E9.....	91
Figura 12: Representação da linha do tempo do aluno E10.	92
Figura 13: Representação da linha do tempo do aluno E11.	93
Figura 14: Representação da linha do tempo do aluno E12.	94
Figura 15: Mapa conceitual do aluno E1	100
Figura 16: Mapa conceitual do aluno E2.....	101
Figura 17: Mapa conceitual do aluno E3.....	102
Figura 18: Segundo mapa conceitual do aluno E3.	103
Figura 19: Mapa conceitual do aluno E4.....	104
Figura 20: Mapa conceitual do aluno E5.....	105
Figura 21: Mapa conceitual do aluno E6.....	106
Figura 22: Mapa conceitual do aluno E7.....	107
Figura 23: Mapa conceitual do aluno E8.....	109
Figura 24: Mapa conceitual do aluno E9.....	110
Figura 25: Mapa conceitual do aluno E10.	111
Figura 26: Mapa conceitual do aluno E11	112
Figura 27: Mapa conceitual do aluno E12.	113

Lista de Quadros

Quadro 1: Cronograma das aulas.....	63
Quadro 2: Cronograma das aulas atualizado.....	69
Quadro 3: Respostas ao questionário, por item e participante	70
Quadro 4: Respostas dos alunos à questão 1	73
Quadro 5: Respostas dos alunos à questão 2.....	73
Quadro 6: Respostas dos alunos à questão 3.....	74
Quadro 7: Respostas dos alunos à questão 4	74
Quadro 8: Respostas dos alunos à questão 5.....	75
Quadro 9: Respostas dos alunos à questão 6.....	75
Quadro 10: Respostas dos alunos à questão 7.....	76
Quadro 11: Respostas dos alunos à questão 8.....	76
Quadro 12: Respostas dos alunos à questão 9.....	77
Quadro 13: Respostas dos alunos à questão 10.....	77
Quadro 14: Síntese dos resultados do questionário referente a sondagem com indicação de presença ou não de subunçor.....	78
Quadro 15: Respostas dos participantes da pesquisa ao questionário “Modelos em Ciência”.....	82
Quadro 16: Respostas a atividade em grupo.....	97
Quadro 17: Respostas dos participantes ao questionário de opinião sobre a UEPS.	115

Lista de Siglas e Abreviaturas

ATLAS A Toroidal LHC ApparatuS

CERN Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire

CMS Compact Muon Solenoid

DONUT Direct Observation of the Tau Neutrino

ENEM Exame Nacional do Ensino Médio

FERMILAB Fermi National Accelerator Laboratory

LHC Large Hadron Collider

HQ História em Quadrinhos

SA Subsunçor Ausente

SP Subsunçor Presente

UEPS Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

UNIVESP Universidade Virtual do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO	22
2.1 Física de Partículas Elementares no Ensino Médio	23
2.2 Partículas Elementares	25
2.2.1 Férmions	27
2.2.1.1 Léptons	30
2.2.1.1.1 Elétron	30
2.2.1.1.2 Neutrino do Elétron	31
2.2.1.1.3 Múon.....	32
2.2.1.1.4 Neutrino do Múon.....	33
2.2.1.1.5 Tau.....	34
2.2.1.1.6 Neutrino do Tau.....	34
2.2.1.2 Quarks.....	34
2.2.1.2.1 Quarks Up, Down, Strange	35
2.2.1.2.2 Quark Charm.....	37
2.2.1.2.3 Quark Botton	37
2.2.1.2.4 Quark Top.....	37
2.2.1.3 Bósons	38
2.2.1.4 Fóton	39
2.2.1.5 Bóson Intermediários (W+, W-, Z0).....	40
2.2.1.6 Glúons	43
2.2.1.7 Bóson de Higgs	44
3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	47
3.1 A aprendizagem significativa de Ausubel.....	47

3.2 Assimilação.....	49
3.3 Tipos de Aprendizagem Significativa	49
3.4 Subsunçores e Organizadores Prévios	51
3.5 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa	52
3.6 Mapas Conceituais	53
3.7 Evidências de Aprendizagem Significativa	54
3.8 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	54
4 METODOLOGIA	56
4.1 Sujeitos e campo de pesquisa.....	60
4.2 O Produto Educacional.....	61
4.3 Estruturação e Descrição da UEPS	62
4.3.1 Identificação da estrutura conceitual a partir de modelo físico, Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.	63
4.3.2 Sondagem sobre as concepções dos estudantes sobre o tema Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.	64
4.3.3 História em quadinhos.....	64
4.3.4 Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares	65
4.3.5 Vídeo game <i>Sprace</i> – Reconciliação integrativa.....	66
4.3.6 Mapa conceitual.....	67
4.3.7 Questionário sobre a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	68
5 RESULTADOS E ANÁLISES.....	68
5.1 Sondagem.....	69
5.2 Questionário – Modelos em Ciência.....	81
5.3 Leitura da HQ e Linha do Tempo – Modelos Atômico	88
5.4 Questionário – O Discreto Charme das Partículas Elementares.....	95
5.5 Atividade em Grupo – O que é elementar	96

5.6 Mapas Conceituais.....	99
5.7 Questionário Sobre A Unidade De Ensino Potencialmente Significativa ..	115
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
REFERÊNCIAS	122
Apêndice A – Planos de aula	127
APÊNDICE B – Autorização da Escola	178
APÊNDICE C	180
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TCLE).....	180
APÊNDICE D	183
TERMO DE ASSENTIMENTO	183
APÊNDICE E	186
RESULTADO - QUESTIONÁRIO "MODELOS EM CIÊNCIA"	186
APÊNDICE F.....	194
RESULTADO - QUESTIONÁRIO "O DISCRETO CHARME DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES"	194
APÊNDICE G	220
RESULTADO - QUESTIONÁRIO SOBRE O VÍDEO: LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA USP/UNIVESP TV – PARTÍCULAS ELEMENTARES	220
APÊNDICE H	223
RESULTADO - QUESTIONÁRIO SOBRE A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA	223

1 INTRODUÇÃO

O objeto de investigação desse trabalho, ou seja, a problematização, nasceu a partir da observação diária da pesquisadora, enquanto professora do ensino médio regular. Ao dialogar com professores que lecionam a disciplina de Física na escola em que trabalho, para troca de experiências quanto a metodologia usada no conteúdo de Partículas Elementares, com surpresa constatei que este conteúdo era deixado de lado, apesar de constar no referencial curricular da rede estadual de ensino como conteúdo a ser trabalhado no terceiro ano do ensino médio.

Esta constatação gerou, a princípio, o desafio, enquanto professora, de ensinar algo novo para aquela unidade escolar procurando alternativas metodológicas que possibilitassem, para um assunto bastante abstrato, a participação efetiva dos alunos nas aulas. Algumas alternativas metodológicas foram utilizadas, para suprir a inquietude do professor “agente” transformador de sua realidade, culminando com a estratégia apresentada nesse trabalho. O ensino de física moderna ainda é um conteúdo pouco trabalhado em função de sua dificuldade de ser ministrado e compreendido. Especificamente tratando da temática Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares ainda encontramos poucos materiais disponíveis, tanto para o professor quanto para o estudante.

Osterman e Pereira (2009) relatam em uma revisão de literatura sobre o ensino de física moderna e contemporânea no período de 2001 a 2006 que, apesar do aumento de publicações sobre o ensino de física moderna e contemporânea que apresentam resultados de pesquisa, a maioria dos artigos ainda se refere à bibliografia de consulta para professores; os trabalhos consultados direcionados ao ensino resultaram numa amostra de 102 artigos e classificados em quatro grandes categorias: propostas didáticas testadas em sala de aula, levantamento de concepções, bibliografia de consulta para professores, análise curricular. Conforme os autores citados, referência em pesquisa em ensino na área de Física Moderna, consideramos viável o desenvolvimento dessa Unidade de Ensino, voltada ao ensino aplicado em sala de aula.

A partir do trabalho de Osterman e Pereira (2009), podemos atualizar a revisão de propostas direcionadas ao ensino, especificamente tratando de propostas didáticas voltadas ao ensino de Física de Partículas Elementares. Tomamos como referência o

Catálogo de Teses e Dissertações no período de 2010 a julho de 2018, foram encontrados 29 títulos como propostas de ensino de Partículas Elementares para o ensino médio, Partículas elementares no ensino médio: Uma abordagem a partir do LHC (BALTHAZAR, 2010); Proposta de aplicação de Física de partículas elementares para o Ensino Médio: Um jogo sobre o modelo padrão (ALVES; COSTA, 2010); Partículas elementares e suas interações fundamentais no ensino médio (PINHEIRO, 2011); Partículas elementares no ensino médio (LAJES NETO, 2011); Uma abordagem do modelo padrão da física de partículas acessível a alunos do ensino médio (MAIA, 2011); Física de Partículas no Ensino Médio: propostas didáticas com abordagens diversas (SANTOS, 2013); Física de partículas elementares: a produção de sentidos por alunos e alunas do ensino médio mediante a leitura de textos (PEREIRA, 2013); Física de Partículas no ensino médio (BANHEZA, 2014); O evento científico como uma ferramenta colaborativa no processo de transposição didática para o tema de física de partículas elementares (RODRIGUES, 2014); Inserção tópicos de física de partículas de forma integrada aos conteúdos tradicionalmente abordados no ensino médio (CALLHEIRO, 2014); Uma abordagem histórico-didática com auxílio de multimídias para o ensino de Partículas Elementares no ensino médio (COSTA, 2015); Partículas elementares e interações: Uma proposta de mergulho no ensino e aprendizagem através de uma sequência didática interativa (JERZEWSKI, 2015); O mirabolante mundo das partículas elementares: uma sequência didática para professores de física (JÚNIOR, 2015); Inserção de conceitos de física de partículas elementares no ensino médio por meio de um material paradidático (SOUSA, 2016); Masterclasses ufabc/cern/lhc: uma releitura freireana da proposta sobre física de partículas (SOUSA, 2016); Da World Wide Web às partículas elementares: Uma sequência didática baseada no método DBR-TLS com vistas à alfabetização científico-tecnológica (MOURA, 2016); Física de Partículas na Escola: um Jogo Educacional (RE, 2016); Proposta didática investigativa para desenvolver o tema de física de partículas e interações fundamentais (BAKALARCZYK, 2017); Um novo exercício de International Masterclass para ensinar física de partículas (SOUZA, 2017); Proposta de um jogo didático para a abordagem do tema física de partículas com alunos do ensino médio (LUDOVICO, 2017); Análise de um plano de ensino sobre física de partículas no ensino médio (FREITAS, 2017); Física de Partículas: Possibilidades para o Ensino Médio (SILVA, 2017); Construção de um website sobre a física de partículas (NOVAES, 2017); Aceleradores e detectores de partículas no ensino médio: Uma sequência de ensino de ensino-aprendizagem (SILVA,

2017); Análise de um plano de ensino sobre física de partículas no ensino médio (FREITAS, 2017); Um novo exercício de International Masterclass para ensinar física de partículas (SOUZA, 2017); O modelo padrão no ensino médio: Um tratamento elementar (GOMES, 2017); Ensino de partículas no Ensino Médio (CASTILHO, 2018); Aventuras em Quantópolis: Elaboração e utilização de livro paradidático para abordagem conceitual do modelo padrão de física de partículas em turmas do ensino médio (BRAGA, 2018).

Embora numa região distinta da nossa, Kessler (2008) apresenta numa sondagem dos professores do oeste catarinense, as dificuldades que encontravam na abordagem da Física Moderna. Nesta sondagem ficou claro que o tema era deixado para o final do período letivo, se sobrasse tempo, o que em termos práticos significava nunca chegar a ele, além das dificuldades de formação e atualização dos próprios professores, que ficaram evidentes nas respostas que deram ao questionário do pesquisador. Kessler (2008) ainda destaca, que as dificuldades de trabalhar assuntos relacionados à Física Moderna, no Ensino Médio, já haviam sido constatadas em outros momentos, quando os professores, mesmo que raramente, se encontravam para alguma atividade relacionada à disciplina. Portanto tal sondagem serviu para a confirmação destas dificuldades e reforçou a necessidade de oferecer um trabalho de estudo e formação para os professores.

No ensino de física existe também uma grande dificuldade, por parte dos estudantes, na compreensão de fenômenos de física moderna, pois estes conteúdos exigem um alto grau de abstração, o que dificulta a sua representação em sala de aula, com uso exclusivo de quadro e giz. Essas dificuldades também são salientadas por Soares (2009), que indica que o ensino de Física no ensino médio não tem sido uma tarefa fácil, em parte pela dificuldade que os estudantes apresentam na compreensão das leis e teorias, as quais envolvem raciocínio lógico, interpretação e abstração. No que se refere a escassez de recursos disponíveis, sua falta pode contribuir para uma compreensão superficial do fenômeno, de tal forma, que os estudantes não o relacionem ao seu cotidiano.

Dentre as justificativas para a inserção de tópicos de física moderna, destacamos o fato de que no auge do uso das tecnologias promovidas pela física moderna no ensino médio, os estudantes desconhecem essa importante área da física. Para Ostermann e Moreira (2000), existem diversas justificativas para a inserção de tópicos

da física moderna no ensino médio. Algumas destas justificativas foram pontuadas na III Conferência Interamericana sobre educação em Física. Dentre elas destacamos:

- a) Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano;
- b) Os estudantes não têm contato com a Física atual;
- c) Despertar o interesse de jovens para a carreira científica;
- d) É mais divertido para o professor ensinar tópicos novos;
- e) Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la.

Ainda relacionado as justificativas para o ensino destes tópicos, Arengi, Lino e Silva (2013), listam as principais justificativas encontradas em trabalhos como dissertações, teses e artigos sobre a importância em ensinar física moderna e contemporânea no ensino médio. Algumas das justificativas encontradas são:

- a) A necessidade de atualização curricular do Ensino Médio;
- b) A importância dos conteúdos de física moderna e contemporânea para a compreensão das tecnologias da atualidade;
- c) A Física Moderna e Contemporânea representou uma mudança de paradigma da Física, e essa noção de desenvolvimento das ciências se faz necessária no Ensino Médio;
- d) A Física Moderna e Contemporânea são subsídios à compreensão e crítica das questões atuais que envolvem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

O referencial teórico utilizado na pesquisa foi a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Essa proposta parte de uma concepção de estrutura cognitiva dos sujeitos e da forma como eles constroem novos conhecimentos em confronto com os já existentes nessa estrutura.

Soares (2009) considera que não há dúvida de que começar pelo mais geral, em áreas de fronteiras da Física Moderna e Contemporânea, é tarefa complicada, uma vez que ocorre uma transição entre a Física Clássica para a Física Moderna, mas apesar destas dificuldades esta hierarquização pode ajudar na compreensão destes conteúdos.

Em face aos argumentos expostos e à importância do ensino da Física moderna no ensino médio, o problema que norteou nossa pesquisa foi:

Quais as possíveis contribuições de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, para o processo de aprendizagem significativa dos conceitos relacionados ao Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares?

As hipóteses apresentadas para a solução do problema foram:

Hipótese 01 - O uso de novas tecnologias, simulações e jogos como instrumentos que representam situações concretas, desperta a atenção e estimula os estudantes à aprendizagem significativa.

Hipótese 02 – O uso de história em quadrinhos, possibilita a interação entre palavras e imagens, tornando o conteúdo interessante e aproximando do universo dos estudantes.

Hipótese 03 - Experimentos permitem a participação ativa dos educandos e o desenvolvimento de habilidades cognitivas como raciocínio lógico e elaboração de hipóteses práticas que favorecem a construção do conhecimento.

O objetivo geral dessa pesquisa consistiu em desenvolver e aplicar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares que estimulasse o processo de ensino-aprendizagem; como parte dessa investigação coube verificar se recursos como, uma história em quadrinhos, poderiam contribuir para aprendizagem significativa.

As ferramentas metodológicas escolhidas permitiram a dinamicidade da aula, o desenvolvimento de habilidades do estudante e a construção de uma Unidade de Ensino potencialmente significativa. O material documentado, bem como, as respectivas análises compõem o produto dessa pesquisa, organizada de acordo com os seguintes objetivos específicos,

- Diagnosticar aquilo que o estudante já sabe, identificar por meio de um pré-teste quais os subsunçores relevantes, os quais já estão disponíveis na estrutura cognitiva do estudante;
- Desenvolver e aplicar uma Unidade de Ensino alicerçada na Teoria de David Ausubel;
- Elaborar e aplicar uma história em quadrinhos que facilite a aprendizagem significativa da evolução do modelo atômico na forma de uma revista;
- Diagnosticar aquilo que o estudante assimilou e acomodou em sua estrutura cognitiva.

Essa dissertação está estruturada em seis itens que descrevem todo o processo de investigação. Iniciamos o primeiro capítulo com algumas citações que justificam a escolha desse conteúdo do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares,

com o propósito de colher os resultados da aplicação dessa temática. Tal como, os objetivos a serem cumpridos para a resolução do problema de pesquisa.

No segundo item, é discutido a inserção de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio e as justificativas para trabalharmos, assim também quanto a escolha pelo conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares para o desenvolvimento da Unidade de Ensino.

No terceiro item, são apresentados os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, em razão da Unidade de Ensino ter sido elaborada segundo as concepções da teoria. Em um dos subcapítulos é feita uma descrição sobre mapas conceituais, como instrumento de avaliação da aprendizagem aplicada nessa pesquisa. Por fim, é explicitado a elaboração e aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa aos moldes da Teoria de Ausubel.

No quarto item, é apresentada a metodologia escolhida para essa investigação, em que se trata de uma pesquisa qualitativa. São expostas a estrutura e descrição da Unidade de Ensino (UEPS), e apresentada uma breve descrição do produto educacional desenvolvido ao longo desse trabalho e o contexto de aplicação.

No quinto, expomos os dados e resultados obtidos por meio de questionários e mapas conceituais e a análise desses dados de acordo com a Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977).

Ao final são apresentadas as considerações finais, referências usadas na fundamentação e, na sequência os apêndices e anexos.

2 FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

Os conceitos relacionados ao que chamamos de Física Moderna constitui essencialmente a física desenvolvida no início do século XX, aproximadamente nas três primeiras décadas do século. Aquilo que hoje denominamos Física Moderna surge com algumas experiências cujos resultados não puderam ser explicados nem pela mecânica newtoniana, nem pela teoria eletromagnética de Maxwell. Algumas dessas experiências tiveram origem nos estudos que Faraday realizou por volta de 1830, referentes a descargas elétricas em gases rarefeitos; o efeito fotoelétrico descoberto por Hertz em 1887, porém explicado mais tarde por Einstein; dentre outras. A ruptura com o conhecimento clássico e o surgimento da física moderna se dá inicialmente com a realização de algumas experiências nas duas últimas décadas do século XIX e as tentativas para entendê-las originaram a teoria quântica.

Estas descobertas, entre outras, possibilitaram inovações tecnológicas que de diferentes formas estão incluídas em nossa vida cotidiana. Logo, é importante que os estudantes conheçam os conceitos, teorias e as potencialidades dos conhecimentos envolvidos nessas inovações. Essa é apenas, uma das justificativas para a necessidade da atualização curricular apontada em alguns trabalhos citados por (OSTERMANN; MOREIRA, 2000) como,

Para Terrazzan (1992,1994), a tendência de atualizar o currículo de Física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo.

Stannard (1990) justifica a atualização curricular ao relatar um levantamento feito com estudantes universitários que mostrou que é a Física Moderna - relatividade restrita, partículas elementares, teoria quântica, astrofísica - que mais os influencia na decisão de escolher Física como carreira.

Na busca de uniformizar o pensamento estabelecido entre físicos, pesquisadores em ensino de física e professores do ensino médio sobre o assunto, (OSTERMANN; MOREIRA, 2000) desenvolveram uma lista com alguns tópicos que deveriam ser abordados no ensino médio com objetivo de atualização curricular. Dentre os tópicos estão: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis da conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios-x,

metais e isolantes, semicondutores, partículas elementares, relatividade restrita, *big bang*, estrutura molecular e fibras ópticas. O estudo desses tópicos, segundo eles, pode proporcionar uma atualização do currículo de física, proporcionando um ensino contextualizado despertando o interesse e curiosidade do estudante.

Apesar da importância do estudo de tópicos de Física Moderna muitas vezes os mesmos são encontrados nos livros didáticos do ensino médio como complementos ou curiosidades quando deveriam ser abordados como uma Física que surge para explicar fenômenos que a Física Clássica não explicava, criando uma nova perspectiva de mundo.

Além das dificuldades já citadas para o estudo deste assunto, podemos acrescentar a escassez de trabalhos sobre concepções alternativas de estudantes acerca de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, apontados por (OSTERMANN; MOREIRA, 2000) assim como pesquisas que relatam propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem.

Nesse sentido nossa pesquisa trabalhou com o desenvolvimento e aplicação de uma Unidade de Ensino que aborda o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares e por meio desse discutir a ideia de Modelo, Partículas Elementares e suas Interações. Esperamos por meio dessa pesquisa, apresentar contribuições de estratégias que possam ajudar na busca de uma aprendizagem significativa de conceitos relacionados a Física Moderna e Contemporânea.

2.1 Física de Partículas Elementares no Ensino Médio

Segundo Lobato e Greca (2005), após analisarem programas curriculares de ensino médio de países como Portugal, Espanha, França, Reino Unido, Dinamarca, Suécia, Canadá, Austrália, Itália e Finlândia, vários desses países dão ênfase a conteúdos de Física Moderna no Ensino Médio, principalmente Física de Partículas Elementares. Dentre os conteúdos encontrados estão: quantização e constante de Planck; dualidade onda-partícula; princípio de incerteza, física atômica e nuclear, física de partículas, efeito fotoelétrico e modelos atômicos.

Já no Brasil encontramos nas Orientações Complementares ao Parâmetros Curriculares Nacionais, um dos objetivos da unidade temática Compreensão Humana do Universo, no tema Universo, Terra e Vida é “Compreender aspectos da evolução

dos modelos da ciência para explicar a constituição do Universo (matéria, radiações e interações) através dos tempos, identificando especificidades no modelo atual” (BRASIL, 2002, p.79).

No Referencial Curricular da rede estadual de ensino de Mato Grosso do Sul – Ensino Médio (2012), os conteúdos de física moderna são inseridos como tópicos ao longo dos anos. No que se referem especificamente a natureza da matéria, Modelo Padrão, Partículas Elementares e interações fundamentais encontramos o tópico “Partículas Elementares” ao final do primeiro bimestre do terceiro ano do ensino médio. No qual, espera-se que ao final o aluno tenha como competência/habilidade “[...] Conhecer e utilizar o conceito de partículas elementares para interpretar notícias científicas” (CAMPO GRANDE, 2012, p.195)

Diante destas orientações, a implementação de tópicos de Física Moderna no ensino médio, o professor precisa dispor de alternativas metodológicas que facilitem e motivem os estudantes durante o processo de aprendizagem. Para tal, defendemos o uso de recursos computacionais como facilitadores do ensino-aprendizagem. Jogos, simulações e atividades interativas em um ambiente computacional possibilitam a interação social professor-estudante e estudante-estudante junto a mediação do computador. Numa visão construtivista da aprendizagem a interação estudante-professor-software articula a construção do conhecimento, em que o aluno é capaz de administrar sua aprendizagem, elaborando hipóteses na solução de problemas.

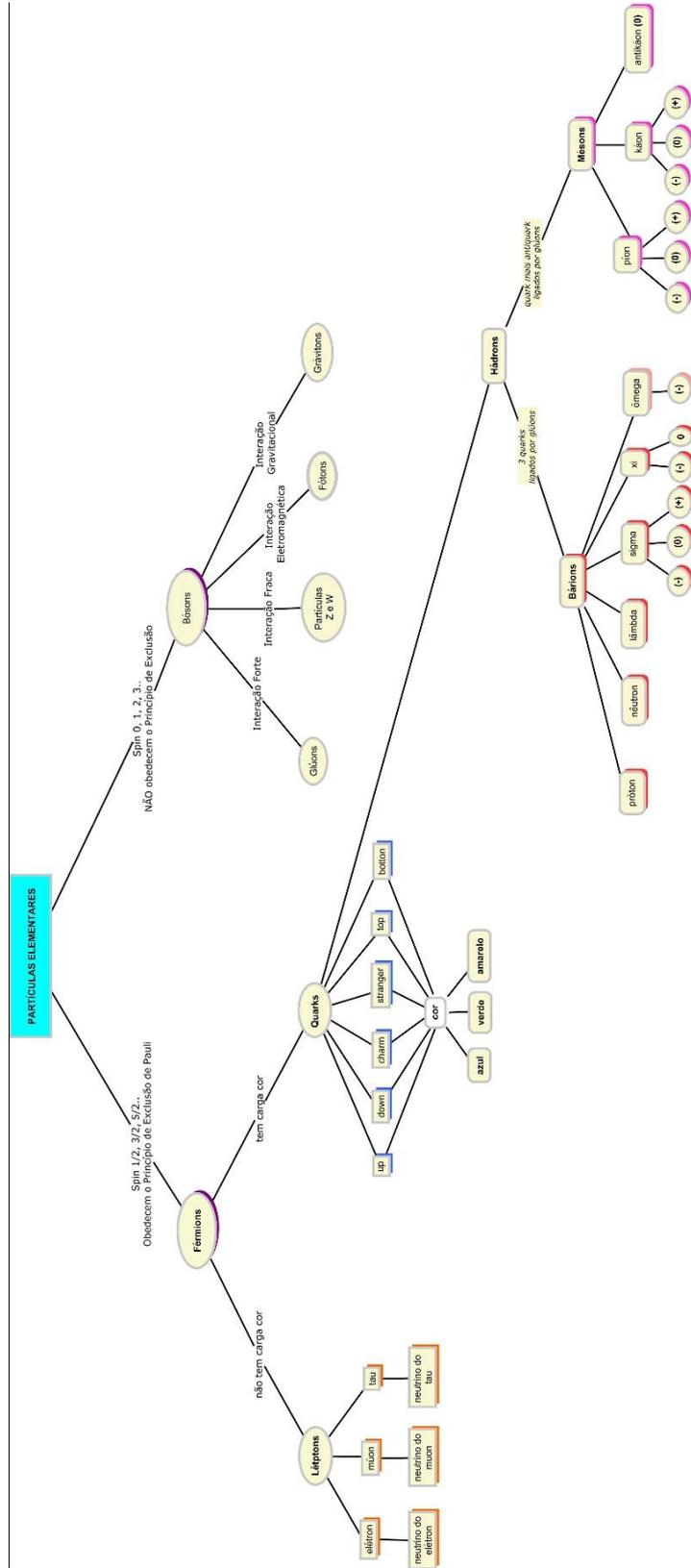
Como parte do produto desenvolvido nessa pesquisa e principalmente como instrumento de aprendizagem, elaboramos uma História em Quadrinhos. O uso de Histórias em Quadrinhos torna-se interessante como fonte de motivação para os alunos em seus estudos, pois é justamente a sua forma e a sua linguagem característica, que misturam elementos e resultam em uma perfeita interação entre palavras e imagens. Em uma sociedade que passa por mudanças rápidas e na qual a imagem prevalece, a rápida decodificação dos quadrinhos é um elemento facilitador do aprendizado, pois é fácil notar a diminuição do poder de concentração dos jovens em uma atividade específica, principalmente se ela diz respeito aos estudos.

Embasados nessas orientações, essa pesquisa teve como objetivo desenvolver uma Unidade de Ensino que, colaborasse justamente com essa compreensão significativa quanto a evolução dos modelos da ciência. Nesse caso, partindo da estrutura da matéria e seus constituintes até chegarmos do modelo mais aceito atualmente o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.

2.2 Partículas Elementares

O Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares é o mais aceito atualmente pela comunidade científica para descrever a estrutura da matéria, identifica as partículas elementares e como elas interagem. Partículas elementares são aquelas que não possuem estrutura interna. De acordo com o Modelo, a matéria pode ser organizada em dois grupos, férmions e bósons.

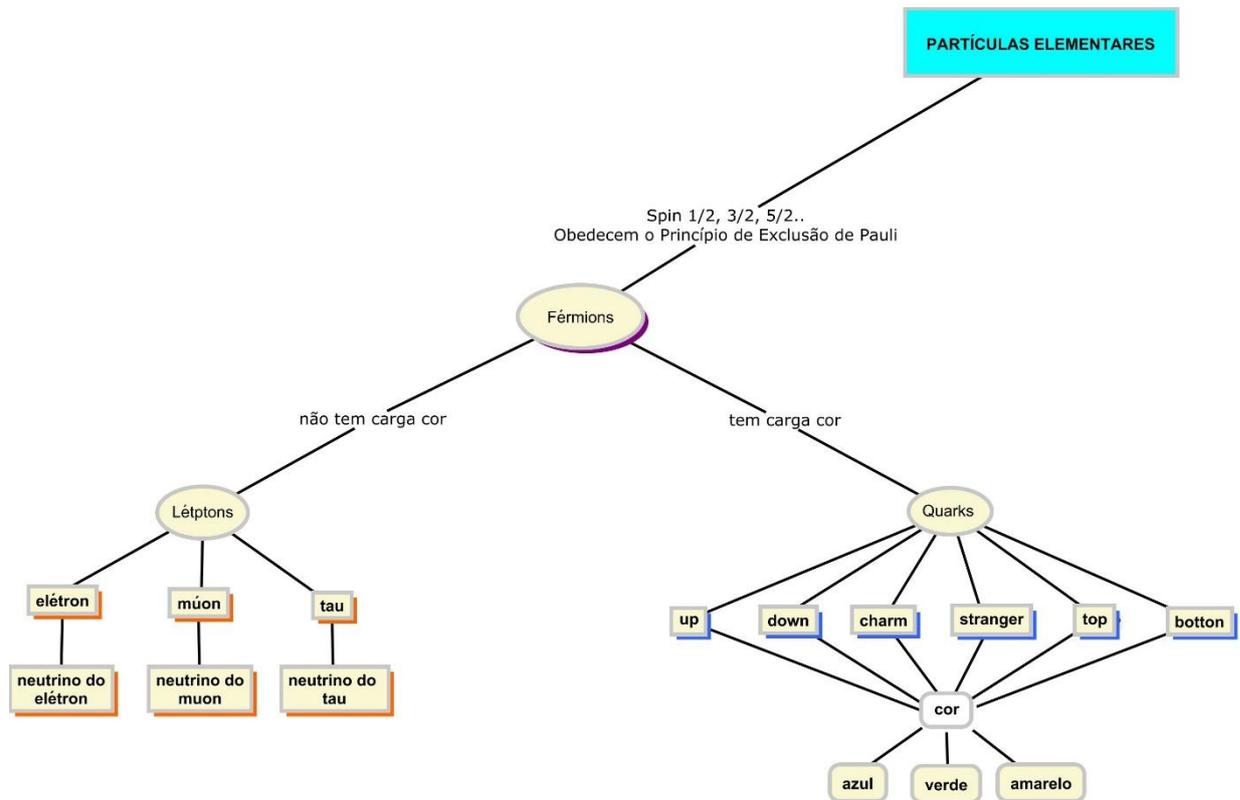
Os seguintes artigos: Um Mapa Conceitual sobre Partículas Elementares (MOREIRA, 1989), Um texto para professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares (OSTERMANN, 1999), Um Pôster para ensinar Física de Partículas na escola (OSTERMANN; CAVALCANTI 2001), Partículas e Interações (MOREIRA, (2004), Sobre o Discreto Charme das Partículas Elementares (ABDALLA, 2005), A física dos quarks e a epistemologia (MOREIRA, 2007), Partículas elementares no ensino médio: Uma abordagem a partir do LHC (BALTHAZAR, 2010), Partículas elementares e suas interações fundamentais no ensino médio (PINHEIRO, 2011), Física de Partículas no Ensino Médio: propostas didáticas com abordagens diversas (SANTOS, 2013), Uma abordagem histórico-didática com auxílio de multimídias para o ensino de Partículas Elementares no ensino médio (COSTA, 2015), foram tomados como referência para a construção do tema Partículas Elementares.



Fonte: Pesquisadora

Figura 1: Mapa Conceitual Partículas Elementares

2.2.1 Férmions



Fonte: Pesquisadora.

Figura 2: Mapa conceitual sobre Partículas Elementares (Férmions).

Um férmion é um tipo de partícula que obedece às regras das estatísticas de Fermi-Dirac, ou seja, o Princípio de Exclusão de Pauli. Estes férmions também têm uma rotação quântica com um valor semi-inteiro, como $1/2$, $-1/2$, $-3/2$ e assim por diante. (Em comparação, existem outros tipos de partículas, chamadas bósons, que têm uma rotação inteira, como 0, 1, -1, -2, 2 etc.)

Os férmions são as partículas que compõem a maior parte do que pensamos como matéria física em nosso mundo, incluindo prótons, nêutrons e elétrons.

Férmions foram previstos pela primeira vez em 1925 pelo físico Wolfgang Pauli, que estava tentando descobrir como explicar a estrutura atômica proposta em 1922 por Niels Bohr. Bohr usou evidências experimentais para construir um modelo atômico que continha camadas de elétrons, criando órbitas estáveis para que os elétrons se

movessem ao redor do núcleo atômico. Embora este correspondesse bem com a evidência, não havia nenhuma razão particular para que esta estrutura fosse estável e essa era a explicação que Pauli estava tentando alcançar. Ele percebeu que se você atribuiu números quânticos (mais tarde chamado de rotação quântica) a esses elétrons, então parecia haver algum tipo de princípio que significasse que nenhum dos elétrons poderia estar exatamente no mesmo estado. Esta regra tornou-se conhecido como o Princípio de Exclusão de Pauli.

Em 1926, Enrico Fermi e Paul Dirac tentaram independentemente compreender outros aspectos do comportamento dos elétrons aparentemente contraditórios e estabeleceram uma maneira estatística mais completa de lidar com elétrons.

Há um total de 12 férmions fundamentais - férmions que não são constituídos por partículas menores - que foram identificadas experimentalmente. Eles se dividem em duas categorias:

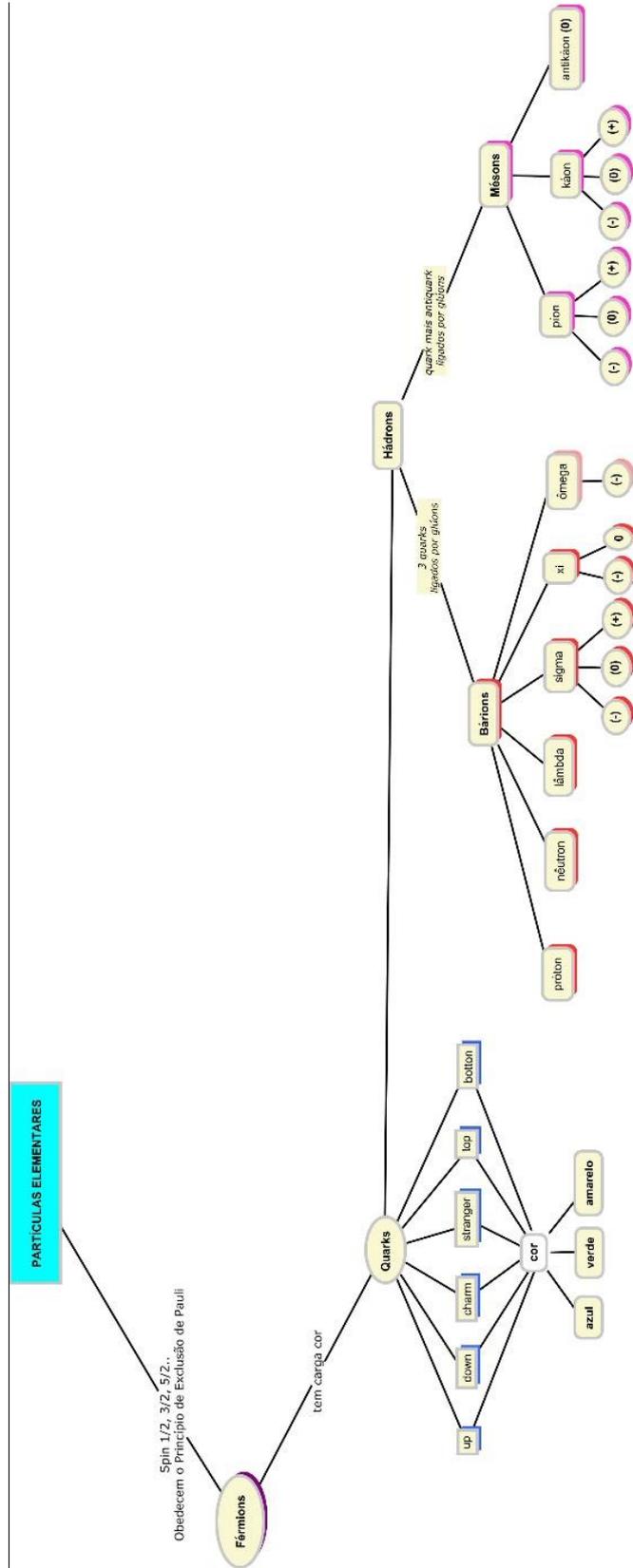
Quarks - Quarks são as partículas que compõem os hádrons, como prótons e nêutrons.

Existem 6 tipos distintos de quarks:

- Up
- Charm
- Top
- Down
- Strange
- Bottom

Existem 6 tipos de léptons:

- Elétron
- Elétron Neutrino
- Múon
- Múon Neutrino
- Tau
- Tau Neutrino



Fonte: Pesquisadora

Figura 3: Mapa Conceitual sobre Partículas Elementares (Hádrons).

Além dessas partículas, a teoria da supersimetria prediz que todo bóson teria em contrapartida uma partícula fermiônica. Uma vez que existem 4 a 6 bósons fundamentais, isso sugeriria que - se a supersimetria é verdadeira - há outros 4 a 6 férmions fundamentais que ainda não foram detectados, isso porque são altamente instáveis e se deterioraram em outras formas.

Além dos férmions fundamentais, outra classe de férmions pode ser criada combinando férmions (possivelmente junto com bósons) para obter uma partícula resultante com uma rotação semi-inteira. As rotações quânticas se somam, então qualquer partícula que contém um número ímpar de férmions vai acabar com uma rotação semi-inteira e, portanto, será um próprio férmion. Alguns exemplos incluem os Bárions - partículas, como prótons e nêutrons, que são compostos por três quarks unidos. Uma vez que cada quark tem uma rotação semi-inteira, o bárion resultante sempre terá uma rotação semi-inteira, não importa quais três tipos de quark se juntem para formar.

2.2.1.1 Léptons

Léptons e quarks são os blocos básicos da matéria, ou seja, são vistos como as "partículas elementares". Existem seis léptons na estrutura atual, o elétron, o múon e o tau e seus neutrinos associados. As variedades das partículas elementares são chamadas de "sabores", e os neutrinos aqui são considerados um sabor distintamente diferente.

2.2.1.1.1 Elétron

Como um dos léptons, o elétron é visto como uma das partículas fundamentais. É um férmion de spin $1/2$ e, portanto, obedece ao princípio de exclusão de Pauli, um fato que tem implicações importantes para a construção da tabela periódica de elementos.

A antipartícula do elétron, o pósitron, tem a massa igual à do elétron, mas tem carga positiva. Se um elétron e um pósitron se encontrarem, eles se aniquilarão com a produção de dois raios-gama.

Quais evidências sugerem que o elétron é uma partícula fundamental? O Modelo Padrão da Física de Partículas sugere que há partículas fundamentais chamadas léptons e quarks que são os blocos fundamentais da matéria, ou seja, são vistos como as "partículas elementares". O conceito é que essas partículas fundamentais não são feitas de qualquer outra coisa - elas não podem ser subdivididas em constituintes menores. Sugerir que uma partícula é uma partícula fundamental neste sentido é, de fato, uma afirmação ousada e para tal, requer defesa por alguns meios, como,

Propriedades do elétron:

1. Propriedades físicas que não variam

Verificou-se que o elétron possui uma relação de carga/massa definida, e/m_e , em experiências iniciais e, encontrou-se uma rotação intrínseca de $1/2$.

2. Estável contra a deterioração

Não houve decaimento de elétrons – o decaimento em outros constituintes naturalmente provaria que não é uma partícula fundamental.

3. Sem estrutura interna

As mais altas experiências de dispersão de energia envolvendo elétrons não revelam estrutura interna para elétrons.

2.2.1.1.2 Neutrino do Elétron

O neutrino do elétron foi postulado pela primeira vez em 1930 por Wolfgang Pauli para explicar por que os elétrons em emissão de partículas "beta" não foram emitidos com a energia de reação total da transição nuclear.

Enrico Fermi chamou a partícula de um neutrino e desenvolveu uma teoria do decaimento beta com base nela, mas não foi observada experimentalmente até 1956. Wolfgang Pauli introduziu o neutrino no mundo da física em 1930 com uma famosa carta para "Liebe Radioaktive Damen und Herren" (Caras senhoras e senhores radioativos) na reunião de Túnel de pesquisadores de radioatividade. A primeira discussão pública de Pauli sobre o neutrino foi na 7ª Conferência Solvay em Bruxelas em 1933.

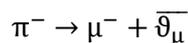
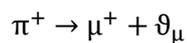
A primeira observação experimental do neutrino que interage com a matéria foi feita por Frederick Reines, Clyde Cowan Jr e colaboradores em 1956 na Savannah River Plant, na Carolina do Sul. Sua fonte de neutrinos era um reator nuclear (na verdade, produziu antineutrinos de decaimento beta).

Essa indescritível partícula, sem carga e quase sem massa, poderia penetrar grandes espessuras de material sem interação. O livre caminho médio de um neutrino na água seria da ordem de 10 vezes a distância da Terra ao Sol. No Modelo Padrão do Big Bang, os neutrinos que sobraram da criação do universo são as partículas mais abundantes do universo. Esta densidade remanescente de neutrinos é colocada a 100 por centímetro cúbico a uma temperatura efetiva de 2K. O sol emite muitos neutrinos que podem passar pela terra com pouca ou nenhuma interação. Isso leva à afirmação: "Os neutrinos solares brilham sobre nós durante o dia, e brilham para nós durante a noite!".

Uma excelente oportunidade para observar neutrinos veio com a Supernova 1987A quando a equipe de observação japonesa detectou neutrinos quase coincidentes com a descoberta da luz da supernova. Neutrinos interagem apenas pela interação fraca.

2.2.1.1.3 Múon

O múon é um lépton de características semelhantes às do elétron, mas instável, com carga elétrica igual à carga do elétron e massa aproximadamente 207 vezes maior. A vida útil do múon é de 2.20 microssegundos. O múon é produzido na atmosfera superior pelo decaimento de píons produzidos pelos raios cósmicos:



Medir o fluxo de múons de origem de raios cósmicos em diferentes alturas acima da Terra é um experimento de dilatação de tempo importante na relatividade.

Os múons compõem mais de metade da radiação cósmica no nível do mar, sendo o restante principalmente elétrons, pósitrons e fótons de eventos em cascata. O fluxo médio do múon no nível do mar é de cerca de 1 múon por centímetro quadrado por minuto.

O múon foi descoberto em 1937 pela JC Street e EC Stevenson em uma câmara de nuvens. A descoberta foi publicada em "Novas Evidências para a Existência de uma Partícula Intermediária entre o Próton e o Elétron", Phys. Rev. 52, 1003 (1937). Antes desse ponto, as partículas fundamentais eram presumidas como elétrons, prótons e nêutrons recém descobertos. A descoberta chamou a atenção para a previsão de Hideki Yukawa em 1935 de que uma massa intermediária "méson" poderia

ser responsável pela força nuclear forte. Yukawa havia previsto uma massa de cerca de $100 \text{ MeV}/c^2$ e o múon tinha uma massa muito próxima disso. Contudo, logo descobriu-se que o múon não participou da interação forte. Hans Bethe e Robert Marshak sugeriram que o múon poderia ser o produto do decaimento da partícula necessária na teoria de Yukawa. Essa busca levou à descoberta do pión.

A maioria dos múons observados na superfície da Terra são produzidos por raios cósmicos primários na atmosfera superior. São as partículas energéticas mais numerosas que chegam ao nível do mar, com um fluxo de cerca de 1 múon por centímetro quadrado por minuto. Isso pode ser comparado a um fluxo de neutrino solar de cerca de 5×10^6 por centímetro quadrado por segundo.

2.2.1.1.4 Neutrino do Múon

O neutrino do múon (ν_μ) é o segundo de um grupo de três neutrinos. Ele forma, junto com o múon, a segunda geração física de léptons, por isso seu nome neutrino do múon. Ele foi inicialmente teorizado na década de 1940 por diversos físicos e foi descoberto em 1962 por Leon Lederman, Melvin Schwartz e Jack Steinberger. A descoberta foi premiada com o Prêmio Nobel de Física de 1988.

A descoberta do segundo tipo de lépton carregado, o múon, tornou-se o ponto de partida para a eventual identificação de um segundo tipo de neutrino, o neutrino do múon. A identificação do neutrino do múon como distinto do neutrino do elétron foi realizada em 1962 com base nos resultados de uma experiência de aceleração de partículas. Os neutrinos do múon de alta energia foram produzidos por decomposição de mésons pi e foram direcionados para um detector de modo que suas reações com a matéria pudessem ser estudadas. Embora sejam não-reativos como os outros neutrinos, os neutrinos de múons foram encontrados para produzir múons, mas nunca elétrons nas raras ocasiões em que reagiram com prótons ou nêutrons. Os físicos americanos Leon Lederman, Melvin Schwartz e Jack Steinberger recebeu o Prêmio Nobel de Física de 1988 por ter estabelecido a identidade de neutrinos de múons.

2.2.1.1.5 Tau

O tau é o mais maciço dos léptons, tendo uma massa de repouso cerca de 3490 vezes a massa do elétron, também um lépton. Sua massa é cerca de 17 vezes a do múon outro lépton maciço.

2.2.1.1.6 Neutrino do Tau

O neutrino do tau (ν_τ) é o último de um grupo dos três neutrinos. Ele forma, junto com o tau, a terceira geração de léptons. Sua existência foi teorizada imediatamente após a detecção da partícula tau numa série de experimentos entre os anos de 1974 e 1977 por Martin Lewis Perl no Centro de Aceleração Linear de Stanford. A descoberta do neutrino do tau foi anunciada em julho de 2000 pelo DONUT. (Acrônimo para Direct Observation of the Nu Tau).

O experimento DONUT do Fermilab foi construído durante a década de 1990 especificamente para detectar esta partícula. O esforço foi recompensado em julho de 2000, quando os colaboradores do DONUT reportaram sua detecção.

2.2.1.2 Quarks

Quarks e Léptons são os blocos de construção que compõem a matéria, ou seja, são vistos como as "partículas elementares". No Modelo Padrão atual, existem seis "sabores" de quarks. Os bárions mais familiares o próton e o nêutron, são constituídos a partir de quarks up e down. Os mésons são combinações de dois quarks, enquanto que os bárions combinação de três quarks. Houve uma reivindicação recente de observação de partículas com cinco quarks (pentaquark), mas não foi confirmada experimentalmente.

Cada um dos seis "sabores" dos quarks pode ter três "cores" diferentes 1 (vermelho), 2 (verde) e 3 (azul). Haveria então 18 quarks distintos, os termos "cores" e "sabores" não estão relacionados com o significado usual, trata-se de uma forma de diferenciar os tipos de partículas. Porém, como cada um deles tem a sua antipartícula, o número total de quarks é 36 (uma antipartícula tem a mesma massa e o mesmo spin da partícula em questão, porém carga oposta).

As forças entre quarks são atrativas apenas em combinações "incolores" de três quarks (bárions), quark-antiquark (mésons) e, possivelmente, combinações maiores, como o pentaquark que também pode satisfazer a condição incolor. Quarks sofrem transformações pela troca de bósons W , e essas transformações determinam a taxa e a natureza do decaimento dos hádrons pela interação fraca.

2.2.1.2.1 Quarks Up, Down, Strange

Os quarks up e down são os quarks mais comuns, sendo os constituintes dos prótons e dos nêutrons e, portanto, da matéria mais comum.

O quark up é um férmion de spin $1/2$ e número bariônico $1/3$. Ele pertence a primeira geração dos quarks com a carga de $+(2/3)$ e, sendo o mais leve de todos os quarks, com a massa pura entre 1,5 e 4 MeV. De acordo com o Modelo Padrão, estes quarks juntamente com o quark down são os mais estáveis sendo o constituinte fundamental dos núcleos; o próton contém dois quarks up e um quark down, enquanto o nêutron contém um quark up e dois quarks down. Note que a maior parte da massa em um núcleo vem da energia do campo de glúons que mantém os quarks unidos, e não da massa dos quarks em si.

Em "A física dos quarks e a epistemologia" (MOREIRA, 2007), descreve um pouco da história do desenvolvimento da classificação octal proposta por Murray Gell-Mann, um físico do Caltech, e Yuval Ne'eman, um físico do Imperial College de Londres, em 1960-1961, uma classificação que foi considerada a primeira tentativa de evidenciar a conexão básica existente entre partículas de diferentes famílias levando ao desenvolvimento matemático do quark. Eles verificaram que muitas partículas conhecidas podiam ser agrupadas em famílias de oito partículas com características similares. Murray Gell-Mann, o mesmo físico que mais tarde proporia a classificação octal, sugeriu, em 1953, que certas partículas subatômicas teriam uma propriedade chamada estranheza. É uma propriedade que governa a velocidade com que elas decaem. Buscando refinar a classificação octal, ou os padrões do caminho óctuplo incorporando não só octetos, mas multipletos de um modo geral, Murray Gell-Mann e George Zweig concluíram que, tais padrões resultariam se algumas das partículas fundamentais do átomo fossem formadas por partículas ainda mais fundamentais que ficaram conhecidas como quarks.

A primeira evidência de sua existência foi encontrada nos experimentos de colisão inelástica realizado no ano de 1967. Apesar de ser extremamente comum, a massa do quark up não é bem definida, mas provavelmente se situa entre 1,8 e 3,0 MeV/c².

Quando encontrado em mésons (partículas feitas de um quark e um antiquark) ou bárions (partículas feitas de três quarks), a "massa efetiva" de um quark se torna maior, devido à energia de ligação provocada pelo campo de glúons entre cada quark. A massa do quark up é tão leve, que não pode ser diretamente calculada porque os efeitos relativísticos devem ser levados em conta.

O quark down (d) é o segundo mais leve de todos os quarks, um importante constituinte da matéria. Juntamente com o quark up, formam os nêutrons (um quark up, dois quarks down) e prótons (dois quarks up, um quark down) do núcleo atômico. Como todos os quarks, o quark down é um férmion elementar com rotação 1/2 e experimenta todas as interações fundamentais: gravitação, eletromagnetismo, interações fracas e interações fortes. A antipartícula do quark down é o antiquark que têm uma magnitude igual, mas um sinal oposto.

Sua existência (junto com up e quarks stranger) foi postulada em 1964 por Murray Gell-Mann e George Zweig. O quark down foi observado pela primeira vez por experimentos no Stanford Linear Accelerator Center em 1968.

Nos primórdios da física de partículas (primeira metade do século 20), os hádrons, como prótons, nêutrons e píons, eram partículas elementares. No entanto, à medida que novos hádrons foram descobertos, o "mundo das partículas" cresceu a partir de algumas partículas no início dos anos 1930 e 1940 a várias dezenas na década de 1950.

Em 1947, durante um estudo de interações de raios cósmicos, o produto de uma colisão de prótons com um núcleo foi encontrado por muito mais tempo do que o esperado: 10^{-10} segundos ao invés dos esperados 10^{-23} segundos. Esta partícula foi chamada de partícula lambda (Λ^0) e a propriedade que a fez viver tanto tempo foi apelidada de "estranheza" e esse nome preso para ser o nome de um dos quarks a partir do qual a partícula lambda é construída. O lambda é um bárion que é composto por três quarks: um quark up, down e stranger.

Isospin e "estranheza" são os números quânticos frequentemente usados para desenhar diagramas de partículas para os hádrons.

2.2.1.2.2 Quark Charm

Em 1974, um méson chamado de partícula J/Ψ foi descoberto. Com uma massa de 3100 MeV, mais de três vezes a do próton, essa partícula foi o primeiro exemplo de outro quark, chamado de quark charm. O J/Ψ é composto de um par de quark charm e antiquark.

Um bárion com um quark charm é chamado de lambda com símbolo Λ^+c . Tem uma composição (up down charm) e uma massa de 2281 MeV/c².

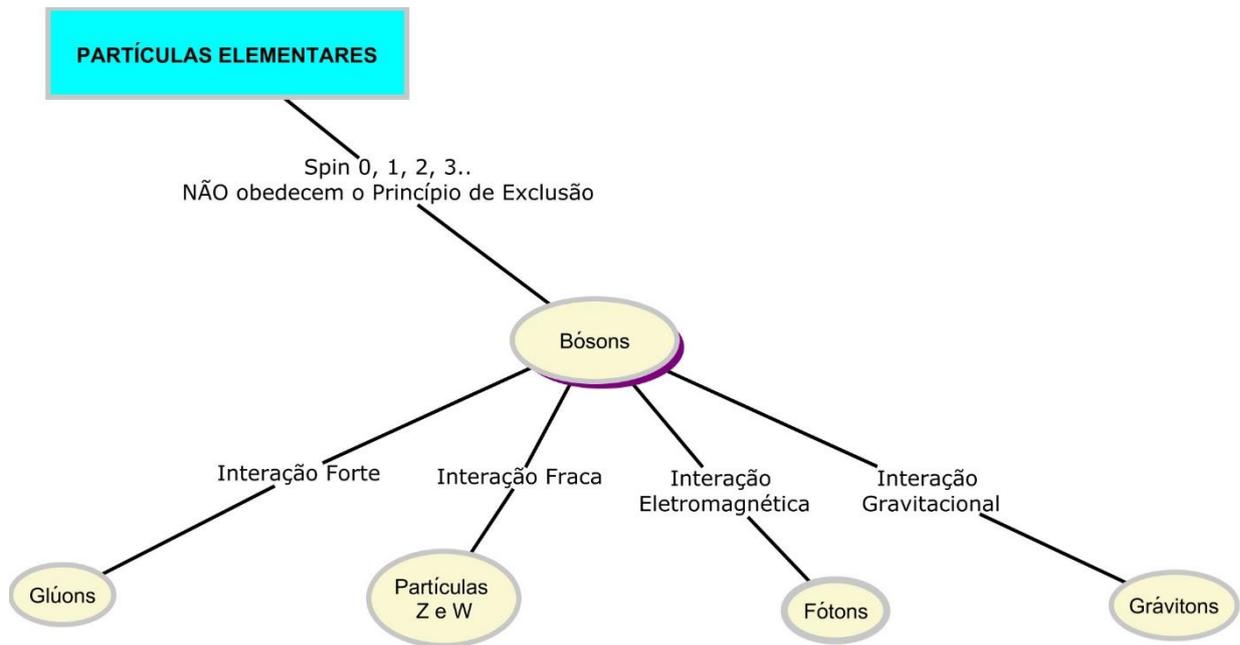
2.2.1.2.3 Quark Botton

Em 1977, um grupo experimental em Fermilab, liderado por Leon Lederman, descobriu uma nova ressonância em 9,4 GeV/c², que foi interpretada como um par de quark down-antibottom e chamou o méson de Upsilon. A partir desta experiência, a massa do quark down está implícita em cerca de 5 GeV/c².

2.2.1.2.4 Quark Top

Evidências convincentes para a observação do quark top foi relatado pelos pesquisadores do Fermilab 's Tevatron em abril de 1995. A evidência foi encontrada nos produtos de colisões de prótons de 0,9 TeV com antiprótons igualmente energéticos no colisor. A evidência envolveu a análise de trilhões de colisões de 1,7 TeV próton-antiprótons. O valor para a massa de quark top dos dados combinados dos dois grupos após a conclusão foi de 174,3 +/- 5,1 GeV. Isso é mais de 180 vezes a massa de um próton e cerca de duas vezes a massa da próxima partícula fundamental mais pesada, o bóson Z0 a cerca de 93 GeV.

2.2.1.3 Bósons



Fonte: Pesquisadora

Figura 4: Mapa conceitual sobre Partículas Elementares (Bósons)

Os bósons são partículas que têm spin inteiro e, portanto, não são limitadas pelo princípio de exclusão de Pauli, como os férmions de rotação semi-inteiro. A distribuição de energia dos bósons é descrita pelas estatísticas de Bose-Einstein.

Em baixas temperaturas, os bósons podem se comportar de forma muito diferente do que os férmions, porque um número ilimitado deles pode se reunir no mesmo estado de energia. A combinação em um único estado é chamada de condensação, ou condensado de Bose-Einstein. É responsável pelo fenômeno da superfluidez no hélio líquido.

Os bósons incluem fótons e a caracterização dos fótons como partículas com energia dependente da frequência dada por Planck permitiu aplicar estatísticas de Bose-Einstein para explicar a radiação térmica de um corpo negro.

2.2.1.4 Fóton

Newton propôs, a teoria corpuscular, que a luz era composta de corpúsculos que viajavam em linhas retas. Isso funcionou bem para a reflexão, porque o salto de partículas ou ondas de uma superfície plana segue a mesma lei da reflexão. Mas, para explicar a refração, ele teve que presumir que as partículas viajavam mais rápido em um material mais opticamente denso. Mas o experimento de 1850 de Foucault mostrou que a luz viajava mais lentamente em tais meios, de modo que a versão de uma teoria de partículas de luz tinha que ser deixada de lado.

Robert Hooke e Christiaan Huyghens se opuseram à teoria de Newton. A ideia da teoria corpuscular da luz prevaleceu durante o século XVII, graças ao prestígio de Newton e, em parte, por falta de evidências contrárias à teoria de Newton. A teoria de Newton sofreu, no entanto, um grande abalo com os trabalhos de Young e Fresnel a respeito do fenômeno da interferência da luz. A teoria de Newton não é compatível com esse fenômeno.

Huygens, presumindo que a luz era composta de ondas, em 1678, Huygens propôs que cada ponto de uma frente de onda de luz poderia ser considerado a fonte de uma onda esférica. O princípio da Huygens ajudou a desenvolver a teoria ondulatória da luz e foi desenvolvida por Fresnel e Kirchhoff.

Na virada do século 20, a maioria dos físicos estava convencida, por fenômenos como a interferência, difração e polarização, de que a luz poderia ser descrita por uma onda, sem necessidade de uma nova teoria. Porém, o efeito fotoelétrico introduziu evidências de que a luz exibia propriedades de partículas na escala quântica dos átomos, dando início a visão quântica da luz.

Os aspectos notáveis do efeito fotoelétrico quando foi observado pela primeira vez foram:

1. Os elétrons foram emitidos imediatamente - sem atraso.
2. Aumentar a intensidade da luz aumentou o número de fotoelétrons, mas não a energia cinética máxima.
3. A luz vermelha não causará a ejeção de elétrons, não importa qual seja a intensidade.
4. Uma luz violeta fraca irá ejetar apenas alguns elétrons, mas suas energias cinéticas máximas são maiores que aquelas para luz intensa de comprimentos de onda maiores.

A análise dos dados do experimento fotoelétrico mostrou que a energia dos elétrons ejetados era proporcional à frequência da luz emitida. Isso mostrou que o que quer que estivesse “arrancando” os elétrons tinha uma energia proporcional à frequência da luz. Isso se encaixa bem com a hipótese de Planck de que a luz no experimento de radiação de corpos negros poderia existir apenas em feixes discretos com energia. Einstein, em 1905, interpretou corretamente, que o efeito fotoelétrico com essas características só poderia ser explicado se a luz fosse composta por partículas (quantum de luz), denominadas de fótons.

Hoje o fóton é uma partícula elementar que, de acordo com os princípios da física quântica, compõe a luz. Como todas as partículas elementares, os fótons não possuem estrutura interna conhecida. Os fótons são as partículas que transportam a luz visível, a luz ultravioleta, a luz infravermelha, os raios X, os raios gama e todas as outras formas de radiação eletromagnética. Os fótons se deslocam no vácuo à velocidade da luz e sua natureza de partícula é importante na explicação de certos fenômenos físicos, como, o efeito fotoelétrico.

Os fótons possuem carga elétrica nula, massa de repouso e possui spin 1 (inteiro), consiste no quantum de radiação eletromagnética; sua energia é dada por $h \times f$, onde h é a constante de Planck e f , a frequência da radiação em hertz.

2.2.1.5 Bóson Intermediários (W+, W-, Z0)

Os bósons W e Z são conhecidos como os fracos ou geralmente como os bósons intermediários. Essas partículas elementares são mediadoras da interação fraca; seus respectivos símbolos são W^+ , W^- , e Z . Os bósons W têm carga elétrica positiva ou negativa de uma carga elementar e são as outras antipartículas. O bóson Z é eletricamente neutro e é a sua própria antipartícula. As três partículas têm uma rotação de 1. Os bósons W têm um momento magnético, mas o Z não tem nenhum. Essas partículas são de curta duração, com uma meia-vida de cerca de 3×10^{-25} s. Sua descoberta experimental foi um triunfo para o que agora é conhecido como Modelo Padrão da Física de Partículas.

Os bósons W são diferenciados após o w . O físico Steven Weinberg chamou a partícula adicional de "partícula Z ", e mais tarde deu a explicação de que era a última

partícula adicional necessária pelo modelo. Os bósons W já haviam sido nomeados, e os bósons Z têm carga elétrica zero.

Os dois bósons W são mediadores da absorção e emissão de neutrinos. Durante esses processos, a carga do bóson W induz a emissão ou absorção de elétrons ou pósitrons, causando a transmutação nuclear. O bóson Z não está envolvido na absorção ou emissão de elétrons e pósitrons.

O bóson Z é mediador na transferência de impulso, rotação e energia quando os neutrinos se dispersam elasticamente da matéria (um processo que conserva a carga). Esse comportamento é quase tão comum quanto as interações de neutrinos e pode ser observado em câmaras de bolhas após irradiação com feixes de neutrinos. Sempre que um elétron é observado como uma nova partícula livre de repente movendo-se com energia cinética, deduz-se que é um resultado de um neutrino interagindo diretamente com o elétron, já que esse comportamento acontece mais frequentemente quando o feixe de neutrino está presente. Neste processo, o neutrino simplesmente atinge o elétron e depois se dispersa, transferindo o impulso do neutrino para o elétron. Porque os neutrinos não são afetados pela força forte nem a força eletromagnética, e porque a força gravitacional entre partículas subatômicas é insignificante, tal interação só pode ocorrer através da força fraca. Uma vez que esse elétron não é criado a partir de um núcleo, e é inalterado, exceto pelo novo impulso da força transmitido pelo neutrino, essa força fraca de interação entre o neutrino e o elétron deve ser mediada por uma partícula de bóson de força fraca eletromagneticamente neutra. Assim, essa interação requer um bóson Z .

Estes bósons estão entre os mais pesados das partículas elementares. Com massas de $80.4 \text{ GeV}/c^2$ e $91.2 \text{ GeV}/c^2$, respectivamente, os bósons W e Z são quase 100 vezes maiores que os átomos de ferro, mais pesados, mesmo que inteiros. Suas massas altas limitam o alcance da interação fraca. O fóton é o mediador da força eletromagnética e tem massa zero; o gráviton hipotético também deverá ter massa zero.

Todos os três bósons têm partícula rotação $s = 1$. A emissão ou absorção de um bóson W pode mudar o tipo de partícula - por exemplo, mudar um quark *stranger* em um quark *up*. O bóson Z não pode alterar a carga elétrica de qualquer partícula, nem pode mudar qualquer outra das chamadas "cargas" (como *stranger*, número de bárions, *charm*, etc.). A emissão ou absorção de um bóson Z só pode alterar a rotação, o momento e a energia da outra partícula.

Os bósons W e Z são partículas transportadoras que medeiam a força nuclear fraca, tanto quanto o fóton é a partícula transportadora para a força eletromagnética. Os bósons W são mais conhecidos por seu papel no decaimento nuclear.

O bóson Z é a sua própria antipartícula. A primeira previsão do bóson Z foi feita pelo físico brasileiro José Leite Lopes em 1958, criando uma equação que mostrou a analogia das interações fracas nucleares com o eletromagnetismo. Correntes neutras fracas através da troca do Bóson Z foram confirmadas pouco depois também em 1973, em um experimento de neutrinos na câmara de bolha Gargamelle no CERN.

Após o sucesso espetacular da eletrodinâmica quântica na década de 1950, tentativas foram feitas para formular uma teoria similar da força nuclear fraca. Isso culminou em torno de 1968 em uma teoria unificada de eletromagnetismo e interações fracas de Sheldon Glashow, Steven Weinberg e Abdus Salam, pelo qual eles compartilharam o Prêmio Nobel de Física de 1979. Sua teoria elétrica postula não apenas os bósons W necessários para explicar a decomposição beta, mas também um novo bóson Z que nunca foi observado.

O fato de os bósons W e Z terem massa, enquanto os fótons são sem massa foi um grande obstáculo no desenvolvimento da teoria elétrica. A ruptura de simetria de 1964, prevê a existência de mais uma nova partícula; o bóson de Higgs. Dos quatro componentes de um bóson Goldstone criado pelo campo de Higgs, três são "comido" pela W^+ , Z^0 , e W^- para formar as suas componentes longitudinais e o resto aparece como a rotação. Atualmente, é amplamente aceito como um dos pilares do Modelo Padrão de Física de Partículas, particularmente devido à descoberta de 2012 do Bóson de Higgs pelas experiências CMS e ATLAS.

A observação de interações de corrente neutra que envolvem partículas diferentes dos neutrinos requer grandes investimentos em aceleradores de partículas e detectores, como estão disponíveis em apenas alguns laboratórios de física de alta energia no mundo (e depois apenas em 1983). Isso ocorre porque os bósons Z se comportam da mesma forma que os fótons, mas não se tornam importantes até que a energia da interação seja comparável com a massa relativamente grande do bóson Z .

A descoberta dos bósons W e Z foi considerada um grande sucesso para o CERN. Primeiro, em 1973, veio a observação de interações de corrente neutra, como previsto pela teoria elétrica. A enorme câmara de bolha de Gargamelle fotografou as faixas de alguns elétrons de repente começando a se mover, aparentemente por vontade própria. Isto é interpretado como um neutrino que interage com o elétron pela

troca de um Bóson Z não visto. O neutrino é de outra forma indetectável, de modo que o único efeito observável é o impulso conferido ao elétron pela interação.

A descoberta dos bósons W e Z teve que esperar pela construção de um acelerador de partículas poderoso o suficiente para produzi-los. A primeira máquina desse tipo que ficou disponível foi o Sincrotron Super Proton, onde sinais inequívocos de bósons W foram vistos em janeiro de 1983 durante uma série de experiências possibilitada por Carlo Rubbia e Simon Van der Meer. Os experimentos reais foram chamados UA1 (liderados por Rubbia) e UA2 (liderados por Pierre Darriulat), e foram o esforço colaborativo de muitas pessoas. UA1 e UA2 encontraram o bóson Z alguns meses depois, em maio de 1983. Rubbia e Van der Meer foram imediatamente premiados com o Prêmio Nobel de Física de 1984, um passo muito incomum para a conservadora Nobel Foundation.

Os bósons W^+ , W^- e Z^0 , juntamente com o fóton (γ), compõem os bósons das quatro interações. Os bósons W e Z decaem pares férmion - antiférmion, mas nem o W nem os bósons Z podem decair em quark up. Os bósons W podem decair em um lépton e neutrino ou para um quark up e um quark down. Os bósons Z decompõem-se em um férmion e sua antipartícula.

2.2.1.6 Glúons

Glúons são as partículas de troca da força forte entre os quarks, análogas à troca de fótons na força eletromagnética entre duas partículas carregadas. O glúon pode ser considerado a partícula de troca fundamental subjacente à forte interação entre prótons e nêutrons em um núcleo. Essa interação núcleo-núcleo de curto alcance pode ser considerada como uma força forte residual que se estende para fora do limite do próton ou nêutron. Essa forte interação foi modelada por Yukawa como envolvendo uma troca de píons e, de fato, o cálculo do intervalo do pión foi útil para desenvolver a nossa compreensão da força forte.

As interações de Glúons são muitas vezes representadas por um diagrama de Feynman. Observe que o glúon gera uma alteração de cor para os quarks. A imagem de troca de glúons converte um quark azul para um verde e vice-versa. O alcance da força forte é limitado pelo fato de que os glúons interagem uns com os outros, bem como com quarks no contexto do confinamento de quark. Essas propriedades contrastam com os fótons, que são sem massa e de alcance infinito. O fóton não carrega carga elétrica com ele, enquanto os glúons carregam a "carga de cor".

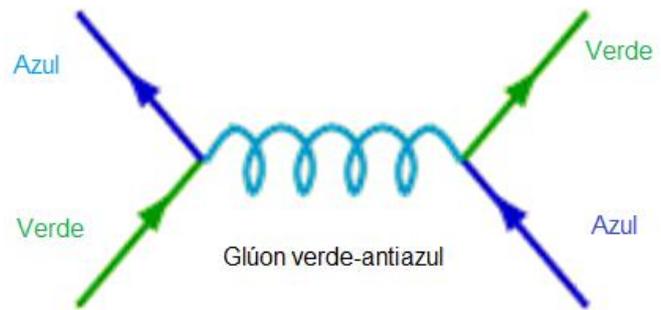


Figura 5: Diagrama de Feynman da interação de quarks gerando um glúon.

Os glúons podem interagir uns com os outros e podem produzir pares quark-antiquark virtuais. A propriedade de interação uns com os outros é muito diferente das outras partículas de troca e aumenta a possibilidade de combinações de glúons referidas como "glueballs". O estado interno de um hádron é visto como composto de um número fixo de quarks, mas com uma nuvem dinâmica de glúons e pares quark-antiquark em equilíbrio.

2.2.1.7 Bóson de Higgs

Todas as forças conhecidas no universo são manifestações de quatro forças fundamentais, forças fortes, eletromagnéticas, fracas e gravitacionais. Mas por que quatro? Por que não apenas uma força mestre? Aqueles que se juntaram à busca por uma única força mestre unificada declararam que o primeiro passo para a unificação

foi alcançado com a descoberta das partículas W e Z , os bósons intermediários, em 1983. Isso trouxe verificação experimental de partículas cuja previsão já contribuiu para o prêmio Nobel atribuído a Weinberg, Salam e Glashow em 1979. Combinando as forças fracas e eletromagnéticas em uma força unificada "eletrotécnica", trouxeram grandes avanços na teoria, e no experimento proporcionam incentivo para passar para o próximo passo, a "grande unificação" necessária para incluir a interação forte.

Enquanto a unificação "eletrolítica" foi aclamada como um grande passo em frente, permaneceu um grande problema conceitual. Se as forças fracas e eletromagnéticas são parte da mesma força elétrica, por que é que a partícula de troca para a interação eletromagnética, o fóton, é sem massa enquanto o W e o Z têm mais de 80 vezes o de um próton? As forças eletromagnéticas e fracas certamente não parecem iguais no atual universo de baixa temperatura, então deve ter havido algum tipo de ruptura de simetria espontânea à medida que o universo quente esfriou o suficiente para que as energias das partículas caíssem abaixo de 100 GeV. As teorias atribuem a quebra de simetria a um campo chamado campo de Higgs, e requer um novo bóson, o bóson de Higgs, para mediá-lo.

A formulação precoce das teorias estimou que o bóson de Higgs teria energia em massa em excesso de 1 TeV, tornando as energias para a descoberta quase inalcançáveis na Terra. Agora, desde a descoberta do quark up ou top? Há evidências tentadoras de que o bóson de Higgs pode ter energias na faixa de algumas centenas de GeV e, portanto, dentro do alcance dos aceleradores atuais. Em Fermilab, os dados da instalação do detector D0 são usados com as massas do W e do T quark para estimar a massa do bóson de Higgs. As sugestões de que pode ter uma massa abaixo de 200 GeV tornaram-no uma das principais prioridades para física de alta energia.

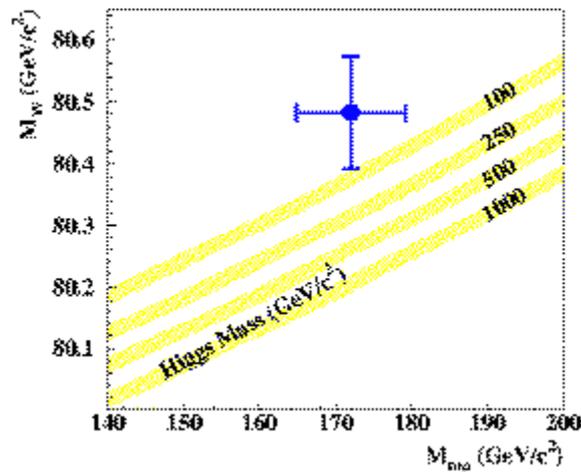


Figura 6: Ilustração de corteia Fermilab do Experimento

A busca do bóson de Higgs é um dos objetivos de alta prioridade do Large Hadron Collider no CERN. No final de 2011, os resultados do LHC parecem limitar o Higgs a entre 114 e 145 GeV se for para se ajustar ao modelo padrão de física de partículas.

Em julho de 2012, os pesquisadores do CERN (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear) anunciaram que haviam identificado uma partícula consistente com o Modelo Padrão o Bóson de Higgs, após a realização de uma série de experimentos no Grande Colisor de Hádrons (LHC), em Genebra, na Suíça. Os estudos continuam, pois, embora o CERN já tenha afirmado que os dados disponíveis em outubro de 2013 são duas vezes maiores do que na época do anúncio da descoberta da partícula em julho de 2012, eles ainda precisam de uma confirmação definitiva de que a partícula é de fato o Bóson de Higgs.

Em 8 de outubro de 2013 foi anunciada a atribuição do prêmio Nobel de física ao belga François Englert e ao britânico Peter Higgs pela descoberta teórica do mecanismo que contribui para a compreensão da origem da massa das partículas subatômicas, confirmada ao ser descoberta a partícula fundamental pelos experimentos ATLAS e CMS do Grande Colisor de Hádrons do CERN.

3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Nessa pesquisa foi adotado como referencial teórico a teoria da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel, bem como a produção teórica de Marco Antonio Moreira, divulgador da teoria de Ausubel no Brasil.

3.1 A aprendizagem significativa de Ausubel

O conceito central da teoria cognitivista de Ausubel é o de aprendizagem significativa, que é um processo por meio do qual um novo conceito relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do estudante.

Rosa (2010) esclarece que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora interativamente com conceitos ou proposições relevantes, pre-existentes na estrutura cognitiva do estudante.

Ausubel (2003) indica algumas condições necessárias para o desenvolvimento do processo da aprendizagem significativa, como o material instrucional ser potencialmente significativo, de forma a relacionar com algum aspecto relevante, conceito ou proposição, existente na estrutura cognitiva do estudante; e a disposição do estudante a relacionar o novo conceito a ser aprendido à conceitos pré-existente em sua estrutura cognitiva de forma não literal e não arbitrária.

Isto é, este processo envolve a interação do novo conceito com uma estrutura de conhecimento preexistente, a qual Ausubel define como subsunçor, compreendido como um determinado conhecimento prévio relevante para essa nova aprendizagem. Em sua teoria subsunçores são estruturas de conhecimentos específicos que podem ser mais ou menos abrangentes de acordo com a frequência com que ocorre aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003).

Ausubel (2003) analisa o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo formado por uma hierarquia conceitual, na qual conceitos mais específicos de conhecimento são ligados a conceitos mais gerais. Assim, se ocorrer a aprendizagem significativa, haverá a conexão de novos conceitos com a bagagem cognitiva do estudante. Mas isso não significa que os conceitos ancorados, serão compatíveis com

a abordagem científica, ou que conhecimentos científicos aprendidos anularão, automaticamente, as concepções prévias existentes.

Em seu livro são apresentados vários tipos de aprendizagem significativa que serão descritos em outro subitem.

Todos esses processos da aprendizagem significativa diferem de uma aprendizagem mecânica ou de memorização, uma vez que estas são caracterizadas pela retenção de conceitos na estrutura cognitiva do estudante de forma arbitrária e literal, ou seja, sem que se relacionem com os conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva.

Ele recomenda o uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e o desenvolvimento dos subsunçores (quando estes não existem), necessários a fim de facilitar a ancoragem dos novos conceitos (AUSUBEL, 2003). Organizadores prévios são propostos como um recurso instrucional potencialmente facilitador da aprendizagem significativa, no sentido de servirem de pontes cognitivas para ancoragem entre os novos conhecimentos e aqueles já existentes na estrutura cognitiva do estudante. (MOREIRA, 2012)

O processo da assimilação ocorre justamente nessa ancoragem de novos conceitos aos conhecimentos prévios dos estudantes. Segundo Ausubel (2003) o novo conceito é relacionado e assimilado por um subsunçor específico na estrutura cognitiva do estudante. Dessa forma a aprendizagem significativa não envolve somente assimilação de um novo conceito, mas também a modificação de um subsunçor envolvido. Após esse processo, o novo conceito fica menos dissociável do subsunçor em que foi ancorado.

Porém, durante o desenvolvimento desse processo de aprendizagem, vale reafirmar as condições para que a aprendizagem significativa possa de fato ser efetivada, ou seja, os materiais utilizados pelos estudantes devem ser potencialmente significativos para eles e os estudantes devem estar pré-dispostos ou demonstrar interesse em aprender, relacionando novos conceitos à sua estrutura cognitiva prévia. Para tanto, devem possuir subsunçores específicos para que ocorra a ancoragem dos novos conceitos.

Importante observar, ainda, que um material não é potencialmente significativo por si só; a percepção da relevância do material para a aprendizagem depende de cada aprendiz.

3.2 Assimilação

A assimilação é um processo que ocorre, por meio da interação dos novos conceitos com a estrutura cognitiva do estudante. Segundo Ausubel (2003), o novo conceito é relacionado e assimilado por um subsunçor preexistente na estrutura cognitiva. Assim, durante o processo da aprendizagem significativa, essa interação provoca não só a assimilação de um novo conceito, mas também possibilita a modificação do subsunçor.

3.3 Tipos de Aprendizagem Significativa

A aprendizagem significativa pode ser classificada em duas categorias, a que se refere ao que se aprende (conceitos, proposições...) e a outra o como se aprende (subordinação, superordenação ou combinação) (MOREIRA, 2010).

No que se refere a tipos de aprendizagem significativa, a mais elementar, porém a mais fundamental, pois dela dependem os outros tipos, é a aprendizagem representacional. A Aprendizagem representacional (representações) é a mais simples das aprendizagens significativas.

Segundo Moreira (2013) a aprendizagem representacional é a que ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em uma relação unívoca, quer dizer, o símbolo significa apenas aquilo que representa. Ainda que a aprendizagem representacional seja próxima à aprendizagem mecânica, ela é significativa porque o símbolo significa um referente concreto. Na aprendizagem mecânica a relação símbolo é apenas associativa, sem significado.

A aprendizagem representacional está muito relacionada a um segundo tipo de aprendizagem significativa, a aprendizagem conceitual, ou de conceitos. Conceitos indicam regularidades em eventos ou objetos. Como o exemplo de uma mesa, quando uma pessoa tem o conceito de mesa, o símbolo mesa representa uma infinidade de objetos (não apenas um como no caso da aprendizagem representacional) com determinados atributos, propriedades, características comuns. No entanto, para chegar ao conceito de mesa, provavelmente, o sujeito passou por representações de mesa.

Aprendizagem conceitual (conceitos) também pode ser representacional, uma vez que pode ser representada por símbolos. Os conceitos são gerais e representam abstrações essenciais do símbolo referente.

A Aprendizagem proposicional (proposições) está relacionada a aprender ideias em forma de proposições (ROSA, 2010). A aprendizagem proposicional caracteriza-se pela compreensão que está além da junção dos significados das palavras, o estudante deve conhecer os significados dos símbolos, conhecer o que elas representam para compreender o conjunto de conceitos e símbolos. Dessa maneira, a função da aprendizagem representacional é essencial para a aprendizagem conceitual (MOREIRA, 2006).

Ausubel descreve como a forma de ancoragem dos novos conceitos pode ocorrer por meio da aprendizagem subordinada ou superordenada. Na aprendizagem subordinada (subordinação), o novo conceito adquire significado por meio da interação com os subsunçores existentes na estrutura cognitiva do estudante. Se o novo conceito é compreendido por uma exemplificação ou apoio ao subsunçor chamamos essa aprendizagem de subordinada derivativa. Se o novo conceito, for uma extensão ou modificação do subsunçor chamamos esse tipo de aprendizagem subordinativa correlativa (MOREIRA, 2010).

A aprendizagem subordinada, portanto, é aquela em que um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante. Neste tipo de aprendizagem ocorre a diferenciação progressiva, que “[...] é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos”. (MOREIRA, 2012, p. 6). Exemplo: Força...força motriz, força eletromagnética, força gravitacional...

A aprendizagem significativa superordenada é “[...]uma forma de aprendizagem significativa, na qual uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos prévios” (MOREIRA, 2012, p. 3). O conhecimento prévio é mais específico que o novo material e a nova ideia subordina ideias pré-existentes menos gerais e abrangentes. O novo conceito surge na interação com conceitos existentes e então passa a assimilá-lo. Esse tipo de aprendizagem ocorre no decorrer de um raciocínio indutivo, ou quando o material é organizado de forma indutiva (MOREIRA, 2006). Na superordenação ocorre a reconciliação integra-

dora que “[...] é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações”. (MOREIRA, 2012, p. 6). Exemplo: diferenças/semelhanças entre a força nuclear forte e fraca...

Na aprendizagem combinatória (combinação) os conceitos e proposições são adquiridos sem relação de subordinação ou superordenação com conceitos específicos relevantes, mas obtidos mais amplamente. Nessa aprendizagem os conceitos se relacionam de forma mais ampla e geral, com um conceito amplo existente na estrutura cognitiva. Os conceitos adquiridos pela aprendizagem combinatória podem adquirir estabilidade na estrutura cognitiva, de preferência se ocorrerem por meio da aprendizagem derivativa.

3.4 Subsunoçores e Organizadores Prévios

O subsunçor é um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. O subsunçor pode ser também uma concepção, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim um conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem significativa de determinados novos conhecimentos (MOREIRA, 2013). A clareza, a estabilidade cognitiva, a abrangência, a diferenciação de um subsunçor variam ao longo do tempo, ou seja, é um conhecimento dinâmico, não estático, que pode evoluir e, inclusive, regredir.

Para que ocorra a aprendizagem significativa é fundamental identificar a origem dos subsunoçores, a existência e até mesmo se eles não existem. A formação dos subsunoçores é um processo que ocorre de forma constante particular em cada indivíduo. A maioria dos estudantes em idade escolar, possuem um conjunto de subsunoçores que permitem a assimilação de novos conceitos. Entretanto, podemos encontrar estudantes que não têm os subsunoçores necessários para o desenvolvimento do tema proposto. Assim, Ausubel (2003) propôs o uso de organizadores prévios.

Mesmo em etapas mais avançadas do ensino, existem estudantes que não apresentam os subsunoçores necessários para o desenvolvimento do tema ou novo conceito proposto. Nessa situação, Ausubel (2003) recomenda o uso de organizadores

prévios para desenvolver os subsunçores necessários para o processo de ancoragem e assimilação.

Segundo Ausubel (2003), a principal função do organizador prévio é servir de ponte entre aquilo que o estudante sabe e o que ele precisa aprender de forma significativa, o conceito ou tarefa proposta.

A utilização de organizadores prévios é uma estratégia para manipular a estrutura cognitiva, facilitando a aprendizagem significativa. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si. Esses materiais devem ser utilizados antes do desenvolvimento do tema proposto, pois tem como objetivo facilitar a aprendizagem daqueles conceitos que não possuem os subsunçores necessários para ancoragem (Rosa, 2010). Por meio do organizador prévio, podemos demonstrar uma visão geral do conteúdo ou tema, estabelecendo relações para a compreensão e posterior assimilação.

Nessa pesquisa o organizador prévio foi utilizado para estabelecer relações entre conceitos já existentes na estrutura cognitiva do estudante e, quando não havia tal conceito, fornece a informação necessária para o desenvolvimento da aprendizagem significativa. Para isso, foi desenvolvida a “História em Quadrinhos – Uma Viagem ao Mundo das Partículas”.

3.5 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa

A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos que caracterizam o desenvolvimento da aprendizagem significativa. A reorganização da estrutura cognitiva passa por processos como o da aprendizagem superordenada.

A diferenciação progressiva ocorre quando um conceito subsunçor, por meio de sucessivos processos de ancoragem, sofre modificações de significado, diferenciando-se progressivamente e adquirindo, deste modo, maior clareza. Tais processos ocorrem de forma constante durante a vida de uma pessoa.

Moreira (2006) explica que quando um novo conceito é aprendido por um processo de subordinação, o novo conceito ancora-se em um subsunçor e o modifica. Como esse processo ocorre muitas vezes na vida das pessoas, resulta numa diferenciação progressiva do subsunçor. Se considerarmos somente a diferenciação progres-

siva o estudante terá conceitos que foram diferenciados progressivamente, sendo necessário ainda, para que efetivamente exista aprendizagem significativa a reconciliação integrativa processo no qual vários conceitos se relacionam.

A reconciliação integrativa ocorre nos processos de aprendizagem significativa superordenada ou combinatória. Os conceitos já existentes na estrutura cognitiva, são recombinaados e adquirem novos significados. Isto acontece quando as ideias presentes na estrutura cognitiva são reconhecidas como relacionáveis, a partir de um processo de interação entre elas, dessa forma podendo reorganizar-se e adquirir novos significados.

3.6 Mapas Conceituais

A teoria de Ausubel pressupõe uma ordenação hierárquica de conceitos, na qual, em uma possível representação gráfica vertical, no topo estariam os conceitos mais gerais, abaixo os intermediários e os conceitos menos gerais ou específicos se apresentam como ramificações em direção à base.

Tomando essa ideia Joseph D. Novak idealizou o mapa conceitual, possibilitando demonstrar a relação entre conceitos, manifestada por cada aprendiz. Por isso, os mapas podem ser utilizados como uma ferramenta de sondagem da estrutura cognitiva de determinado indivíduo, assim também como uma ferramenta de análise de um material instrucional.

Os mapas conceituais têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Uma proposição é constituída de dois ou mais termos conceituais unidos por palavras para formar uma unidade semântica (NOVAK; GOWIN, 1988).

São instrumentos que permitem descobrir as concepções e interpretações de um conceito (correto ou incorreto), ilustradas por uma frase que inclui no conceito. Devem ser hierárquicos, quer dizer, os conceitos mais gerais devem situar-se na parte superior, e os conceitos mais específicos e menos inclusivos na parte inferior.

Rosa (2010, p. 104) apresenta algumas informações relevantes para a construção de mapas conceituais:

- a) Liste todos os conceitos que você acha relevantes.
- b) Liste os conceitos procurando estabelecer agora uma ordenação.

- c) Escreva as relações que você enxerga entre os conceitos. Elas serão os elementos identificadores das linhas que ligarão os conceitos no mapa.
- d) Monte agora o mapa.
- e) Coloque cada conceito em uma elipse. Teorias e Leis devem vir dentro de um retângulo. Siga a ordenação que você estipulou.

Por representar graficamente a percepção de aprendizagem e a estrutura cognitiva de cada aprendiz, um mapa conceitual não pode ser tomado como “certo” ou “errado”. Ele deve ser entendido como a forma em que os conceitos que compõem a estrutura cognitiva se organizam naquele momento.

3.7 Evidências de Aprendizagem Significativa

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980) a compreensão de conceitos resulta na posse de significados claros, precisos e diferenciados. Porém, para verificar se os estudantes os assimilaram é fundamental elaborar atividades que requeiram a transformação do conhecimento aprendido. As atividades devem ser desenvolvidas num contexto diferente, o qual os estudantes foram apresentados inicialmente.

Dentre as possíveis atividades podemos citar algumas opções como a solução de problemas, apresentação do tema ou conceito diferenciando e relacionando a ideias similares e atividades sequenciais, em que a resolução da parte seguinte depende da resolução anterior.

Nessa pesquisa foi realizado ao final, o desenvolvimento de mapas conceituais pelos estudantes, em que descreveriam abaixo sua organização hierárquica e a relação entre os conceitos.

3.8 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são sequências didáticas fundamentadas na teoria da aprendizagem significativa. Propostas por Marco Antônio Moreira, elas têm o intuito de estimular a pesquisa aplicada em educação e incentivar a prática do uso de teorias de aprendizagem.

Segundo Moreira (2012, p. 67), as UEPS “[...] são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica,

que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela direcionada à sala de aula". A organização e fundamentação de uma UEPS, está além de uma "sequência de etapas", pois favorece a sondagem prática dos princípios da teoria da aprendizagem significativa.

Dentre os princípios que fundamentam a elaboração de uma UEPS, Moreira (2012, p. 3) destaca:

- a) O conhecimento prévio, aquilo que o estudante já sabe;
- b) Só há ensino, se ocorrer a aprendizagem;
- c) A predisposição do estudante a aprender;
- d) A organização do ensino, a construção de significados e conceitos mediada pelo professor;
- e) A interação social, linguagem fundamental para obtenção dos significados;
- f) As situações-problema que asseguram a construção de novos conhecimentos;
- g) A diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. (MOREIRA, 2012).

Para organização de uma UEPS, Moreira (2012, p. 4) propõe as seguintes etapas:

1. Definição do Tópico Específico do que se pretende ensinar.
2. Proposição de situações-problema que levem o estudante a exteriorizar o que sabem sobre a matéria de Ensino. Exemplos: Mapas, questionamento;
3. Proposição de situações-problema em nível introdutório, considerando o conhecimento prévio. Exemplos: vídeos, problemas do cotidiano;
4. Apresentação do conhecimento a ser ensinado, considerando a diferenciação progressiva, ou seja, partindo dos conceitos mais gerais e inclusivos, para os menos inclusivos e específicos;
5. A reconciliação integrativa, reintegração de aspectos mais gerais e inclusivos;
6. Desenvolvimento ao processo de diferenciação progressiva, porém numa perspectiva integradora (vídeo, texto), com novas situações-problema em níveis maiores de dificuldade;
7. Avaliação, contínua e processual, permitindo ao professor identificar por meio da observação, atividades e registro de evidências as dificuldades de aprendizagem dos estudantes e a buscar soluções durante o processo, evitando fazer isso somente ao final da unidade de ensino. Nessa concepção, além da aprendizagem do estudante, também são avaliadas as estratégias de ensino proporcionadas pelo professor.
8. Avaliação da UEPS, será considerada satisfatória se a avaliação de desempenho dos estudantes/professores fornecer evidências da aprendizagem significativa.

Uma vez que as UEPS propostas por Moreira já se encontram consolidadas no ensino da área de Física e bastante presentes na produção científica da área (SILVA, 2015; ROCHA, 2015; SANTOS, 2015; RAMOS MACIEL, 2016; BARROS, 2015; LOPES, 2014) e também em razão de seus pressupostos estarem fundados na teoria de

Ausubel optou-se pela sua utilização na presente pesquisa, para planejamento da ação pedagógica com os alunos.

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa adotou abordagem qualitativa. A literatura, ao tratar os aspectos metodológicos de uma pesquisa qualitativa, apresenta diversidade de abordagens. Ainda assim, todas têm em comum um objetivo: compreender o sentido ou a lógica interna que os sujeitos atribuem a suas ações, representações, sentimentos, opiniões... (MINAYO; GUERRIERO, 2014). De acordo com as autoras, as pesquisas compreensivas empíricas têm como termos estruturantes as vivências, o *senso comum* e *ação social*, termos que constituem sua base; e os verbos *compreender* e *interpretar* que orientam a ação de qualquer trabalho de campo e de toda análise, independentemente do tipo de abordagem.

Embora, tratando de diferentes campos mencionados, vale refletir que os mesmos princípios de uma pesquisa qualitativa são considerados em específico nesse trabalho em educação. Os pesquisadores que atuam nesses campos devem assumir compromissos de cidadania com as pessoas e os temas com os quais trabalham. As pesquisas qualitativas estão fortemente conectadas com os desejos, as necessidades, os objetivos e as promessas de uma sociedade democrática. (MINAYO; GUERRIERO, 2014)

Optamos por um estudo de caso, considerando que, podem ser casos relacionados a realidade escolar, realidades de um contexto escolar específico, onde se procure solucionar um problema, em que não se tem uma solução pré-definida, exigindo empenho do pesquisador para identificar o problema, analisar evidências, desenvolver argumentos lógicos, avaliar e propor soluções. Este tipo de estudo, pode também ser definido como um problema que reproduz os questionamentos, as incertezas e as possibilidades de um contexto. O processo de chegar a uma decisão, por meio da análise e discussão individual e coletiva das informações expostas no estudo de caso, promove o raciocínio crítico e argumentativo do pesquisador. Essa característica se fundamenta no pressuposto de que o conhecimento não é algo acabado, mas uma construção que

se faz e refaz constantemente. Assim sendo, conforme Ludke e Andre (1986) descrevem em seu trabalho, o pesquisador estará sempre buscando novas indagações no desenvolvimento do seu trabalho.

2. Os estudos de caso enfatizam a "interpretação em contexto". Um princípio básico desse tipo de estudo é que, para uma apreensão mais completa do objeto, é preciso levar em conta o contexto em que ele se situa. Assim, para compreender melhor a manifestação geral de um problema, as ações, as percepções, os comportamentos e as interações das pessoas devem ser relacionadas à situação específica onde ocorrem ou à problemática determinada a que estão ligadas.

3. Os estudos de caso buscam retratar a realidade de forma completa e profunda. O pesquisador procura revelar a multiplicidade de dimensões presentes numa determinada situação ou problema, focalizando-o como um todo.

4. Os estudos de caso usam uma variedade de fontes de informação. Ao desenvolver o estudo de caso, o pesquisador recorre a uma variedade de dados, coletados em diferentes momentos, em situações variadas e com uma variedade de tipos de informantes. Assim, se o estudo é feito numa escola, o pesquisador procurará fazer observações em situações de aula, de reuniões etc. Com essa variedade de informações, oriunda de fontes variadas, ele poderá cruzar informações, confirmar ou rejeitar hipóteses, descobrir novos dados, afastar suposições ou levantar hipóteses alternativas.

5. Os estudos de caso revelam experiência vicária e permitem generalizações naturalísticas. O pesquisador procura relatar as suas experiências durante o estudo de modo que o leitor ou usuário possa fazer as suas "generalizações naturalísticas".

6. Estudos de caso procuram representar os diferentes e às vezes conflitantes pontos de vista presentes numa situação social. Quando o objeto ou situação estudados podem suscitar opiniões divergentes, o pesquisador vai procurar trazer para o estudo essa divergência de opiniões, revelando ainda o seu próprio ponto de vista sobre a questão. Desse modo é deixado aos usuários do estudo tirarem conclusões sobre esses aspectos contraditórios. LUDKE E ANDRE (1986, cap.2)

Os dados coletados por meio dos questionários, linha do tempo e mapas conceituais foram analisados qualitativamente segundo a Análise de Conteúdo de Bardin (2016), que segue os princípios da interpretação de textos por meio de processos técnicos de validação.

A análise de conteúdo segundo a autora tem como objetivo esclarecer as causas e consequências que uma mensagem pode provocar, verificar a veracidade dos dados constituídos por meio da categorização e exploração, além de fornecer informações complementares ao leitor de uma mensagem; isso pode ocorrer de forma quantitativa (dada a frequência do surgimento de características de conteúdo) ou qualitativa,

na qual serve de informação a presença ou ausência de uma característica de conteúdo considerados em um determinado fragmento (BARDIN, 2016, p.27).

Bardin (2016, p.36) chama a análise de conteúdo de “análises de conteúdo”, pois trata-se de:

Um método muito empírico, dependente do tipo de “fala” a que se dedica e do tipo de interpretação que se pretende como objetivo. Não existe coisa pronta em análise de conteúdo, mas somente algumas regras de base, por vezes dificilmente transponíveis. A técnica de análise de conteúdo adequada ao domínio e ao objetivo pretendidos tem de ser reinventada a cada momento [...].

Bardin (2016) considera que a abordagem qualitativa é um procedimento mais intuitivo, flexível no seu funcionamento, sem rejeitar qualquer forma de quantificação. O processo de organização e de sistematização do material é essencial para o momento de análise. Desta forma, a análise de conteúdo desse trabalho conforme proposto por Bardin (2016), foi desenvolvida em 3 fases:

a) Pré-análise: na qual foram iniciados os primeiros contatos com o documento seguido da escolha dos mesmos; elaboração das hipóteses e objetivos; elaboração de indicadores, e preparação do material.

b) Exploração do material: Aplicação sistemática das decisões tomadas na pré-análise; pode ser dividida em: recorte (escolha das unidades); a enumeração (escolha das regras de contagem); e a classificação e agregação: (escolha das categorias).

c) Tratamento dos resultados e interpretação (ainda em fase de conclusão): tratamento de resultados de forma a serem significativos para que possam ser feitas as interpretações e conclusões.

Bardin (2016, p. 149) afirma ainda que existem categorias boas e más. As qualidades que as boas categorias possuem são: Exclusão mútua (cada elemento não pode existir em mais de uma divisão, ou seja, não ser classificado em duas ou mais categorias); homogeneidade (um único princípio deve governar a sua organização); pertinência (categoria adaptada ao material de análise escolhido e condizente com a teoria que embasa a pesquisa); objetividade e a finalidade (define claramente as variáveis que se trata, assim como os critérios para atribuição de um elemento em uma categoria) e a produtividade (fornece resultados férteis: em índices de inferências, em hipóteses novas e dados exatos).

Com base nessas orientações, as descrições desse trabalho foram feitas posteriormente, isto é, conforme surgiam foram sendo reorganizadas durante a análise, justamente para compreender o significado das respostas dos questionários aplicados.

4.1 Sujeitos e campo de pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em uma escola pública estadual, localizada na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

A cidade de Campo Grande, capital de Mato Grosso do Sul, possuía população estimada, em 2017, de cerca de 874.210 habitantes, segundo o IBGE (2018). Conta com economia de matriz primária, centrada na agropecuária. Possui ampla rede de escolas, sendo que a rede estadual, responsável no pacto federativo (BRASIL, 1988, art. 211) por desenvolver o ensino médio regular, conta com um total de 64 unidades escolares, em Campo Grande, MS (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018).

Para essa pesquisa foi selecionada a Escola Estadual Consuelo Muller, situada na Rua Equador, nº 70, Bairro Jacy, cidade de Campo Grande, após a autorização escrita da Direção da Escola (Anexo A), em razão de ser o local onde a pesquisadora leciona. Além disto, de acordo com Censo/2016, os dados referentes a área de ciências da natureza no ENEM, para esta unidade de ensino são baixos, portanto propostas voltadas para o ensino-aprendizagem podem contribuir para uma melhora dos índices desta unidade escolar.

A E.E. Dona Consuelo Mueller, possui no período matutino três turmas de terceiro ano do ensino médio com a seguinte quantidade de alunos matriculados; 3A – 29 alunos, 3B – 28 alunos e 3C – 28 alunos, totalizando 85 alunos. Este turno foi escolhido em razão da atuação da professora-pesquisadora.

A adesão dos estudantes se deu por meio da assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice C), por parte dos pais e de Termo de Assentimento Livre Esclarecido, por parte dos estudantes (Apêndice D).

Como critério de inclusão foram considerados os alunos que obtiveram 100% de presença nas atividades realizadas durante o período de aplicação desse trabalho. Foram excluídos, enquanto participantes da pesquisa, os estudantes que faltaram ou deixaram de participar das aulas ou de alguma atividade.

A UEPS foi aplicada no período de 25 de outubro a 27 de novembro do ano de 2017, num total de 23 dias letivos.

As turmas tinham um total de 85 alunos matriculados. A escolha do critério de exclusão implicou na exclusão de 73 alunos. Desses 73 alunos excluídos alguns foram

considerados faltosos (14 faltas) num período de vinte e uma aulas; outros possuíam apenas uma falta, mas deixou de realizar alguma atividade proposta (25 alunos); que constavam no diário de classe, mas não frequentam a escola (4 alunos); os demais 45 alunos deixaram de realizar acima de 2 atividades.

Por se tratar do último bimestre, alguns estudantes apresentaram um comportamento descompromissado com as atividades realizadas nesse período, uns até relataram como, *“preciso estudar para o ENEM e na escola já passei”* ou *“já passei e não irei mais as aulas”*, estes fatores podem ter influenciado no quantitativo de alunos excluídos.

Os participantes da pesquisa (12 alunos) foram identificados com a letra E e números: E1, E2, E3...E12.

A pesquisa foi desenvolvida, observando-se as seguintes etapas:

- a) Preparo de instrumentos de coleta e testagem;
- b) Planejamento das aulas/intervenção pedagógica/unidade de ensino;
- c) Aplicação da sondagem;
- d) Desenvolvimento das aulas/intervenção pedagógica;
- e) tratamento e análise de resultados e sistematização escrita da dissertação.

Nas subseções que se seguem, detalhamos o processo de elaboração de cada etapa da UEPS e as atividades que compõem o produto desta pesquisa. São indicadas entre parênteses as subseções nas quais se encontram cada etapa do produto: Estruturação e Descrição da Unidade de Ensino (4.3), identificação da estrutura conceitual e subsunções (4.3.1), sondagem (4.3.2), organizador prévio (4.3.3), Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares (4.3.4), reconciliação integrativa e avaliação (4.3.5), Mapa Conceitual (4.3.6).

4.2 O Produto Educacional

Para Ausubel, existem algumas condições necessárias para a ocorrência de aprendizagem significativa: a existência de um material potencialmente significativo, isto é, um material didático capaz de facilitar a captação de conceitos, a disponibilidade de uma estrutura cognitiva adequada que permita a subsunção, a disposição do estudante para aprender e um professor que mostre satisfação em ensinar.

Esta pesquisa teve como perspectiva o desenvolvimento de um material potencialmente significativo, que proporcionasse condições para facilitar a aprendizagem, tais produtos consistem:

- a) Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que será um recurso metodológico ao Professor de Física;
- b) Uma revista de história em quadrinhos.

A estruturação dos produtos será descrita na metodologia da pesquisa e detalhada no Apêndice A.

4.3 Estruturação e Descrição da UEPS

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)¹, foi desenvolvida de acordo com a Teoria de David Ausubel, usando atividades que promoviam o desenvolvimento cognitivo, a construção dos conceitos, a interação dos educandos e a mediação do educador.

Para a estruturação da Unidade de Ensino foram levados em consideração aspectos relevantes da teoria de Ausubel, incorporados a fins específicos deste trabalho como:

- a) Identificar a estrutura conceitual do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares, os conceitos unificadores, inclusivos, e organizá-los hierarquicamente de modo que, progressivamente, fossem identificados os dados específicos;
- b) Identificar quais subsunçores (conceitos) eram relevantes à aprendizagem do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares;

Nessa perspectiva propusemos os conteúdos relacionados ao Modelo Padrão da Física das Partículas Elementares inserindo metodologias que utilizem, entre outras, simulação e jogos, além de relacionar os conteúdos aos momentos históricos a que estão ligados.

Pensamos numa abordagem contextualizada sobre os conceitos do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares que permitisse, além da compreensão do conceito, uma reflexão acerca de sua realidade.

¹A UEPS é uma proposição de Marco Antônio Moreira em que são sequências didáticas fundamentadas na teoria da aprendizagem significativa.

Descrevemos, no Quadro 1, o número de aulas e a aplicação das atividades descritas na UEPS.

Quadro 1: Cronograma das aulas.

Aula	Atividade
1 ^a	Apresentação do cronograma Aplicação da sondagem
2 ^a	Apresentação de slides - Modelos científicos Discussão da importância de modelos na ciência Questionário – Modelos em Ciência
3 ^a	Uma viagem ao mundo das partículas - História em Quadrinhos Leitura e discussão Linha do Tempo – Modelo Atômico
4 ^a	Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares Apresentação do Filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares” Questionário - Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares
5 ^a	Modelo padrão da Física de Partículas Elementares Apresentação de slides – O que é elementar
6 ^a	Apresentação do Vídeo Game Sprace Aplicação do vídeo game
7 ^a	Mapa Conceitual Elaboração de mapa conceitual pelos estudantes
8 ^a	Aplicação do questionário sobre a Unidade de Ensino

Fonte: Pesquisadora

Os planejamentos detalhados referentes a cada aula se encontram no Apêndice A – Planos de Aula.

4.3.1 Identificação da estrutura conceitual a partir de modelo físico, Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.

A proposta da UEPS foi que os estudantes compreendessem o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares e interações fundamentais. Dessa forma, pautada na Teoria de Ausubel, partimos do conceito mais abrangente de Modelos em Ciência, Modelo Físico para que de forma progressiva chegássemos ao Modelo Padrão.

Segundo Pinheiro (2011, p.82) em relação aos subsunçores necessários para o estudo do Modelo Padrão, esperamos que o estudante saiba que:

- a) O progresso científico é fruto do esforço humano em colaboração de diversos cientistas;
- b) Teorias científicas são transitórias, dependendo do contexto histórico a qual foi elaborada;
- c) O que é um átomo e uma partícula elementar, saber diferenciá-las;
- d) Propriedades da matéria, como carga e massa.

4.3.2 Sondagem sobre as concepções dos estudantes sobre o tema Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.

Para conhecer os conceitos prévios dos estudantes, elaboramos uma sondagem, antes do estudante ter contato com o material sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas.

Para identificar os conhecimentos prévios sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares foi elaborado um questionário com base no trabalho de Pinheiro (2011). A sondagem (APÊNDICE A – Plano de Aula 1) consistiu em dez questões de múltipla escolha, cuja intenção foi a de identificar os conceitos necessários e a pré-disposição para que os estudantes compreendam o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares que seria estudado.

4.3.3 História em quadrinhos

Histórias em quadrinhos podem ser considerados metodologias facilitadoras da construção de conhecimentos além de contribuírem para a construção de novos conceitos em sala de aula. Dentre as muitas opções de metodologias motivadoras, o uso das Histórias em Quadrinhos (HQ) tornou-se interessante por possibilitar uma perfeita interação entre palavras e imagens e estar próxima do universo dos estudantes (CARUSO, 2009). Dessa forma a HQ, como um potencial organizador prévio, promove uma ponte entre a estrutura cognitiva atual do estudante e os novos conceitos a serem aprendidos.

A HQ proposta nesta pesquisa descreve o processo de desenvolvimento histórico da ciência, destacando os modelos científicos e o contexto histórico no qual surgiram, especificamente tratando dos modelos atômicos e a colaboração de cada cientista para o seu desenvolvimento.

Para Santos e Fernandes (2012) neste tipo de abordagem os estudantes podem refletir, discutir e estabelecer compreensões, com o apoio do professor, acerca dos seguintes aspectos: ciência enquanto construção humana; evolução conceitual dos modelos atômicos; e influências recíprocas entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Para apresentar a História em Quadrinhos intitulada “Uma Viagem ao Mundo das Partículas” foi elaborada a revista digital denominada “Partículas Elementares” desenvolvida pela pesquisadora no formato digital. As ilustrações foram realizadas por Rômulo Matos da Silva e o formato digital pela pesquisadora.

O formato digital foi escolhido, por apresentar algumas vantagens como a sustentabilidade e a economia, ao não fazer a impressão, bem como, o fácil acesso da mesma em computadores e smartphones, além da possibilidade de a história poder ser atualizada ou expandida mais facilmente.

A atividade proposta foi a leitura da HQ realizada na sala de tecnologia da unidade escolar devido ao formato digital em que foi apresentada. O link foi disponibilizado em rede para que todos tivessem acesso; os estudantes sentaram em duplas devido ao número e funcionamento das máquinas, para fazer a leitura e desenvolver as atividades propostas. A leitura da HQ e a posterior atividade da Linha do Tempo foram realizadas em duplas, portanto, o resultado da atividade apresenta-se num total de seis duplas.

Ao final da leitura os estudantes realizaram a atividade da “linha do tempo” dos modelos atômicos. Nessa atividade, embora seja destacada a ordem cronológica dos modelos científicos, buscamos também a contextualização dos mesmos a partir da concepção da História da Ciência.

4.3.4 Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares

Foi realizada uma aula expositivo-dialogada para a exposição do conteúdo Modelo Padrão de partículas, com uso de um vídeo e slides. Nos slides foram utilizadas imagens e gifs.

A aula foi iniciada com a visualização do vídeo, “Licenciatura em Ciências: Partículas Elementares”, produzido pela Univesp, com duração de cerca de 9 minutos. O vídeo foi pausado durante alguns momentos para a professora motivar a interação e participação dos estudantes. A partir do questionamento: “O que é algo elementar? ”, a professora estimulou os estudantes a manifestarem as suas dúvidas.

A visualização do vídeo foi proposta com o objetivo de introduzir alguns temas decorrentes do conteúdo do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares, como:

- a) A descoberta das Partículas Elementares;

- b) Os aceleradores de Partículas;
- c) A origem do universo e as partículas elementares;
- d) A evolução dos modelos atômicos;
- e) Os principais grupos de partículas, Férmions e Bósons.

Após finalização do vídeo, iniciamos a apresentação dos slides, detalhando os principais fundamentos do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares e os principais grupos de Partículas Elementares (Férmions e Bósons). Trabalhamos os conceitos seguindo os princípios da teoria de Ausubel, definindo o conceito geral e depois progressivamente discutindo suas características e exemplificando os conceitos.

4.3.5 Vídeo game Sprace – Reconciliação integrativa

Envolvidos num mundo cada vez mais tecnológico, a escolha de um vídeo game cujo funcionamento seja de fácil entendimento e compreensão, estimula a participação dos estudantes na execução de uma atividade.

Segundo o centro de pesquisa São Paulo *Research and Analysis Center (SPRACE)* que atua nas áreas de Física de Altas Energia e Computação de Alto Desempenho, desenvolvendo tecnologias básicas para compreender as partículas e interações fundamentais, responsáveis pela produção do jogo “Sprace Game”, uma solução encontrada para diminuir a defasagem de quase um século de conhecimento foi a criação de um jogo educativo que permitisse ao jogador aprender os conceitos básicos sobre a composição da matéria através da tarefa de construir partículas subatômicas a partir de seus constituintes mais fundamentais.

Reduzido à escala subatômica, o tripulante comanda uma nave miniaturizada e tem como uma de suas primeiras missões capturar partículas, usando um sofisticado “campo de energia” e, em seguida, levá-las ao laboratório para que sejam analisadas.

Ainda os responsáveis pelo desenvolvimento destacam, que enquanto se diverte cumprindo essas missões, o jogador acaba aprendendo conceitos de partículas elementares, como léptons e quarks, a composição dos hádrons (principalmente prótons e nêutrons), o conceito de carga de cor e a interação forte que ocorre entre mésons e bárions, o decaimento de partículas e noções de escala subatômica.

Vale destacar que a primeira versão do jogo foi desenvolvida no Brasil, patrocinada pelo SPRACE e com o apoio financeiro do CNPq, através do edital de “Apoio a Projetos de Difusão e Popularização da Ciência e Tecnologia”. Nessa versão o jogo foi produzido pela empresa de consultoria brasileira *Summa Technology+Business* e desenvolvido pela *Black Widow Games* Brasil.

A aplicação dos conceitos de Partículas Elementares por meio de um jogo combina aspectos educativos e diversão, isso torna o jogo educativo um convite atrativo a uma aprendizagem motivadora. Utilizamos o laboratório de informática da escola, para a realização dessa atividade. A instalação do vídeo game foi realizada com antecedência nos computadores.

Apresentamos o vídeo game *Sprace* ao estudante junto com os principais comandos de execução, para auxiliar o estudante a compreender seu funcionamento e dessa maneira explorar “As Missões” propostas.

No decorrer do jogo os alunos tiveram que recordar os conceitos, relaciona-los e ordena-los. Este processo colabora com o processo de reconciliação integrativa.

4.3.6 Mapa conceitual

O mapa conceitual tem como objetivo enfatizar as relações hierárquicas entre os conceitos que estão sendo ensinados em uma aula ou em um fenômeno (MOREIRA, 2001). De acordo com Ausubel; Novak; Hanesian (1980), a construção e estruturação de conceitos existentes no mapa conceitual devem ter como início os conceitos mais inclusivos e gerais, e por meio da diferenciação progressiva, gradualmente diminuir o grau de inclusividade, tornando-os mais específicos.

Durante a execução da “Aula 5” utilizamos mapas conceituais para a apresentação do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares e para a diferenciação e organização dos principais grupos de partículas.

Posteriormente, na “Aula 8” o mapa conceitual foi apresentado como instrumento de avaliação. Inicialmente foram expostas suas funções e etapas para o processo de elaboração de um mapa conceitual. Ao final, solicitamos aos estudantes que fizessem um mapa referente ao Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares como parte da avaliação.

4.3.7 Questionário sobre a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

Ao final das aulas executadas aplicamos, como um dos instrumentos de avaliação dessa Unidade de Ensino, um questionário de opinião. Escolhemos e adaptamos algumas questões retiradas de Pinheiro (2011), levando em consideração o material que foi apresentado na Unidade de Ensino. O objetivo dessas questões foi o de identificar a opinião do estudante acerca das atividades que foram desenvolvidas durante esse processo.

Os estudantes responderam um questionário sobre os conteúdos trabalhados a partir da UEPS. O questionário de opinião, foi composto das seguintes questões:

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?
2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?
3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadrinhos e vídeo)?
4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?
5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

5 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste item são descritos os resultados obtidos por meio de documentos e dos instrumentos de coleta aplicados nesta pesquisa e suas respectivas análises.

Descrevemos no subcapítulo 4.3 a elaboração e a estruturação da UEPS, o número de aulas e a aplicação das atividades descritas na UEPS. Porém, durante a aplicação das aulas planejadas foram necessários alguns ajustes de acordo com o rendimento e desenvolvimentos das atividades previstas. O Quadro 2 apresenta a mudança realizada no cronograma de atividades e as aulas acrescentadas.

Quadro 2: Cronograma das aulas atualizado.

Aula	Atividade
1ª	Apresentação do cronograma Aplicação da sondagem
2ª	Apresentação de slides - Modelos científicos Discussão da importância de modelos na ciência
3ª	<i>Questionário – Modelos em Ciência</i>
4ª	Uma viagem ao mundo das partículas - História em Quadrinhos Leitura e discussão Linha do Tempo – Modelo Atômico
5ª	Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares Apresentação do Filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares” Questionário - Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares
6ª	Modelo padrão da Física de Partículas Elementares Apresentação do vídeo – Licenciatura em ciências “Partículas Elementares” Atividade em grupo
7ª	<i>Modelo padrão da Física de Partículas Elementares</i> Apresentação de slides – O que é elementar
8ª	Mapa conceitual Elaboração de mapa conceitual pelos estudantes
9ª	Apresentação do Vídeo Game Sprace Aplicação do vídeo game
10ª	<i>Mapa Conceitual</i> <i>Revisão e descrição do mapa conceitual</i>
11ª	Aplicação do questionário sobre a Unidade de Ensino

Fonte: Pesquisadora

5.1 Sondagem

Em nossa primeira aula da aplicação da Unidade de Ensino, como indica no Quadro 2, foram utilizados alguns minutos para que os alunos fossem informados quanto ao cronograma dessa proposta; tema, objetivos, metodologia e a avaliação. Em seguida, foi apresentado o questionário referente a Sondagem, destacando algumas das recomendações encontradas no cabeçalho. Destacamos a importância de responderem as questões, não se importando com o certo ou errado ou até mesmo com o resultado, pois tratava-se de um levantamento dos conhecimentos que eles tinham sobre esse tema.

O levantamento de conhecimentos prévios foi realizado por meio da aplicação de um questionário, com questões de múltipla escolha. O questionário referente foi adaptado de Pinheiro (2011) para identificação dos subsunçores. As dez questões presentes no questionário, já adaptadas, foram divididas em três categorias; questões gerais sobre átomos e partículas atômicas (1, 2, 3, 4, 5, 8), questão específica sobre o (9)

e questões sobre concepções em Ciência (6, 7, 10). O Quadro 3 apresenta a quantidade de respondentes, por alternativa escolhida.

Quadro 3: Respostas ao questionário, por item e participante

Questionário – Sondagem	Número de estudantes
1. O que é um átomo?	
a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.	0
b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.	9
c) Uma partícula básica da matéria.	0
d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.	2
e) Não sei.	1
2. O que constitui os átomos?	
a) Prótons, elétrons e nêutrons.	12
b) Léptons e quarks.	0
c) Partículas alfa e beta.	0
d) Partículas positivas e negativas.	0
e) Não sei.	0
3. O que são prótons?	
a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	2
b) Partículas elementares porque são indivisíveis.	1
c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.	9
d) Partículas constituídas por quarks.	0
e) Não sei.	0
4. O que são elétrons?	
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	0
b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica -e.	10
c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	1
d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.	0
e) Não sei.	1
5. O que são nêutrons?	
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	0
b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.	11
c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma massa do próton.	0
d) Partículas constituídas por quarks.	0
e) Não sei.	1
6. O que é uma partícula elementar?	
a) O mesmo que um átomo.	1
b) Um conjunto de prótons.	0
c) A menor porção de matéria conhecida.	5
d) Um conjunto de elétrons.	4
e) Não sei.	2
7. O que é um modelo atômico?	
a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.	11
b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.	0
c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.	0
d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.	0
e) Não sei.	1
8. Como um modelo atômico é construído?	
a) Por meio da imaginação dos cientistas.	0
b) Por meio de observações da natureza.	0
c) Por meio de observações experimentais.	2
d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.	10
e) Não sei.	0
9. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?	
a) Rutherford.	4

b) Thomson.	2
c) Bohr.	1
d) Quântico.	2
e) Não sei.	3
10. Como são detectadas as partículas elementares?	
a) Usando um microscópio.	2
b) Por meio de sua observação direta na Natureza.	0
c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.	6
d) Com o uso de telescópios especiais.	1
e) Não sei	3
11. Descreva livremente, com palavras ou ilustrações, como você acredita que a matéria é constituída.	

Fonte: Pesquisadora

Pinheiro (2011) esclarece que nas questões gerais o objetivo foi verificar o conhecimento dos estudantes sobre temas mais gerais, provavelmente já estudados ao longo de sua formação: “Esperava-se que expusessem conceitos básicos, provavelmente estudados em aulas de Ciências, no Ensino Fundamental, ou em aulas de Química ou mesmo de Física, no Ensino Médio”. (PINHEIRO, 2011, p. 83).

O autor descreveu os objetivos, a escolha das questões e a identificação das respostas corretas:

O objetivo da **questão 1** era conhecer o conceito mais geral dos estudantes sobre o átomo. Como resposta correta, foi apresentada a - letra (d) e como resposta esperada, a - letra (b). Pressupunha-se que escolhessem essa última, pois a maioria dos livros didáticos e sumários de currículos de Ciências e Química apresentam o átomo (cujo sentido etimológico é —sem partes) como uma partícula formada por próton, elétrons e nêutrons. Apesar de ser compatível com o nível de conhecimento exigido nessas disciplinas, acredita-se que esta não é a melhor forma para apresentar o átomo, pois ela é contraditória e pode reforçar obstáculos para a compreensão da composição atômica.

Na **questão 2**, o objetivo foi avaliar o conhecimento sobre quais são os constituintes dos átomos. Como resposta correta, sugere-se a - letra (b), e como resposta esperada a - letra (a). Estas duas alternativas não são mutuamente excludentes; pelo contrário, se complementam. Trazendo esta interpretação para a questão 2, esperava-se que, inicialmente, a maioria dos estudantes apresentasse como resposta a - letra (a), que não está totalmente errada, mas é o limite de especificação que a maioria das aulas de Ciências e Química habilita para os estudantes.

O objetivo das **questões 3, 4 e 5** foi identificar o que os estudantes conheciam a respeito dos prótons, elétrons e nêutrons.

Nas **questões 3, 4 e 5** a maioria os estudantes relacionaram o conceito de partícula elementar à carga elétrica das partículas. Apenas cinco estudantes relacionaram quarks aos prótons e nenhum relacionou quarks a nêutrons, o que evidencia que se os estudantes têm conhecimento do que são os quarks, este é um conceito muito instável na sua estrutura cognitiva.

O objetivo da **questão 6** era saber se o estudante teria o conceito de partícula elementar como sinônimo de átomo. Para esta questão a resposta correta era a - letra (c) e a resposta mais esperada a - letra (a). O resultado surpreendeu positivamente: pode-se constatar que a maioria dos estudantes apresentou compreensão sobre o conceito de partícula elementar.

As **questões 7 e 8** tinham como objetivo identificar a concepção dos estudantes sobre o que é um modelo científico, no caso especificamente um modelo atômico, e como esses modelos são construídos. A partir das respostas a estas questões procurou-se delinear, o perfil do estudante de Ensino Médio com relação a seus conhecimentos sobre a construção da Ciência

Na questão 6 a resposta correta era a —letra (a), e a resposta esperada a —letra (b). E na questão 7 apresentava como resposta correta a —letra (d) e como resposta esperada a —letra (b). Pelas respostas escolhidas para as questões 6 e 7 pela maioria dos estudantes, podemos inferir que compreendem que a ciência é uma construção humana. E admitem que a elaboração de uma teoria está baseada em dados experimentais e teorias que se ajustam. Estas respostas indicam que os estudantes que participaram desta etapa da pesquisa, aparentemente, abandonaram concepções empiristas da Ciência. A **questão 9**, tinha como objetivo conhecer qual modelo atômico os estudantes reconheciam para explicar a estrutura da matéria. Como resposta correta apresenta-se a —letra (d) e como resposta esperada, a —letra (c) ou eventualmente a —letra (a). O modelo de Bohr (letra c) foi considerado como resposta esperada porque, como foi dito anteriormente, na maioria dos currículos escolares, os modelos atômicos são apresentados ao estudante na disciplina de Química, para a qual o modelo de Bohr é suficiente para satisfazer seus objetivos. Quanto à escolha da —letra (a), a lembrança pode vir do Ensino Fundamental e mesmo do Ensino Médio, por ser o modelo mais popularizado. Na **questão 10**, a maioria dos estudantes apresentou compreensão sobre como são detectadas as partículas elementares. E como dito anteriormente, pode-se inferir sobre suas concepções sobre Ciência, pois das quatro respostas, três referiam-se a observações diretas da natureza. Escolhendo estas respostas poderíamos tentar detectar uma visão empirista, que a maioria dos estudantes tem, pois ainda é muito disseminada nas escolas. Justamente o presente trabalho está direcionado para reverter este pensamento além daquele que a ciência é feita a partir de insights de gênios. (PINHEIRO, 2011, p. 84).

Analizamos o questionário da sondagem, utilizando as categorias sugeridas por Cardoso (2011): subsunçores ausentes (SA); subsunçores presentes (SP). A primeira classe denominada de Subsunçor Presente (SP), é subordinado aquele estudante que detém conhecimento adquirido em outras situações sobre determinada questão ou situação, sendo esse conhecimento fundamental para o entendimento do fenômeno do caso Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. A segunda classe, denominada de Subsunçor Ausente (SA), agrupa os estudantes que não responderam corretamente à pergunta, ou que não respondeu à pergunta.

A questão 1 apresenta como resposta correta a - letra (d) e como resposta esperada, a - letra (b). O Quadro 4 apresenta o resultado das respostas dos alunos a esta questão.

Quadro 4: Respostas dos alunos à questão 1

1. O que é um átomo?	
a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.	0
b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.	9
c) Uma partícula básica da matéria.	0
d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.	2
e) Não sei.	1

Fonte: pesquisadora

Conforme o resultado, a maioria dos estudantes escolheram como resposta a “letra b” (resposta esperada). Segundo Pinheiro (2011) esta prevalência no entendimento de que o átomo é uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutron deriva da forma como este conteúdo é trabalhado nos livros de ciências no ensino fundamental. Para Beltrá Núñez, Isauro et. al (SD, p.2) “Os professores(as) utilizam o livro como o instrumento principal que orienta o conteúdo a ser administrado, sequência (SIC) desses conteúdos, as atividades de aprendizagem e avaliação para o ensino das Ciências”. Esta utilização cega dos livros pode estar relacionada, entre outros fatores, “[...] a precariedade das condições de exercício do magistério, para boa parte do professorado, é responsável direta por vários dos desacertos que circundam questões relativas ao livro didático na escola brasileira”. Além disto, na maioria das Universidades brasileiras os cursos que habilitam professores para o ensino de ciências na educação fundamental são licenciados em Biologia área que não está diretamente ligada ao estudo deste conteúdo. Destacamos que dois estudantes escolheram como resposta a “letra d” (resposta correta), possivelmente já teriam algum conhecimento sobre o tema ou perceberam a palavra “indivisível” como errada por eliminação. Dentre as respostas, um estudante respondeu “não sei” demonstrando que este não tem nenhum conceito sobre átomo.

A questão 2 apresenta como resposta correta a - letra (b), e como resposta esperada a - letra (a). O Quadro 5 apresenta o resultado das respostas dos alunos a esta questão.

Quadro 5: Respostas dos alunos à questão 2.

2. O que constitui os átomos?	
a) Prótons, elétrons e nêutrons.	12
b) Léptons e quarks.	0
c) Partículas alfa e beta.	0
d) Partículas positivas e negativas.	0
e) Não sei.	0

Fonte: pesquisadora

Conforme as repostas, a maioria dos estudantes escolheram a “letra a” (resposta esperada), cujo objetivo foi verificar o conhecimento sobre quais são os constituintes do átomo. Assim como na questão 1, na questão 2 todos os alunos em análise escolheram a resposta esperada. Para Pinheiro (2011) as duas alternativas, resposta correta e esperada, não são mutuamente excludentes já que prótons, elétrons e nêutrons são léptons e quarks. Novamente a prevalência da alternativa (a) está relacionada ao “limite de especificação que a maioria das aulas de Ciências e Química habilita para os estudantes.” (PINHEIRO, 2011, p.84). Essa questão não apresentou nenhuma resposta “não sei” demonstrando que os estudantes sabem que o átomo é constituído por algum tipo de partícula, ou seja, não o interpretam mais como indivisível.

A questão 3 apresenta como resposta correta a —letra (d) e como resposta esperada e —letra (c). O Quadro 6 apresenta o resultado das repostas dos alunos a esta questão.

Quadro 6: Respostas dos alunos à questão 3.

3. O que são prótons?	
a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	2
b) Partículas elementares porque são indivisíveis.	1
c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.	9
d) Partículas constituídas por quarks.	0
e) Não sei.	0

Fonte: pesquisadora

O estudante ao considerar prótons como partículas indivisíveis, podemos analisar segundo Ausubel, que este passou por uma aprendizagem mecânica por isso não diferencia a palavra indivisível de divisível dos constituintes do átomo.

A questão 4 apresenta como resposta correta a —letra (a) e como resposta esperada e —letra (b). O Quadro 7 apresenta o resultado das repostas dos alunos a esta questão.

Quadro 7: Respostas dos alunos à questão 4

4. O que são elétrons?	
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	0
b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica -e.	10
c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	1

d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.	0
e) Não sei.	1

Fonte: pesquisadora

A questão 5 apresenta como resposta correta a —letra (d) e como resposta esperada e —letra (b). O Quadro 8 apresenta o resultado das respostas dos alunos a esta questão.

Quadro 8: Respostas dos alunos à questão 5.

5. O que são nêutrons?	
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	0
b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.	11
c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma massa do próton.	0
d) Partículas constituídas por quarks.	0
e) Não sei.	1

Fonte: pesquisadora

O objetivo das questões 3, 4 e 5 foi identificar o que os estudantes conheciam sobre os prótons, elétrons e nêutrons. Nessas questões os estudantes relacionaram o conceito de partícula elementar à carga elétrica das partículas, mesmo resultado encontrado por Pinheiro (2011). Tanto para prótons quanto para os nêutrons, nenhum aluno os associaram aos quarks, o que mostra que os alunos não têm conhecimento do que são os quarks. Nas questões 3 e 5 a maioria dos alunos escolheram a resposta esperada, mas na questão 3 ainda dois estudantes escolheram a “letra a” demonstrando considerar os prótons constituintes da estrutura atômica. Nas questões 4 e 5 um estudante escolheu a alternativa “não sei”, isso indica que desconhece sobre a constituição do nêutron e propriedades do elétron.

A questão 6 apresenta a resposta correta era a - letra (c) e a resposta mais esperada a - letra (a). O Quadro 9 apresenta o resultado das respostas dos alunos a esta questão.

Quadro 9: Respostas dos alunos à questão 6.

6. O que é uma partícula elementar?	
a) O mesmo que um átomo.	1
b) Um conjunto de prótons.	0
c) A menor porção de matéria conhecida.	5
d) Um conjunto de elétrons.	4
e) Não sei.	2

Fonte: pesquisadora

O objetivo da questão 6 foi identificar se os estudantes teriam o conceito de partícula elementar como sinônimo de átomo. O resultado mostrou que a maior parte dos estudantes identifica a partícula elementar a menor porção de matéria, porém dois estudantes escolheram a alternativa “não sei” e uma segunda parte associaram a um conjunto de elétrons.

A questão 7 apresenta como resposta correta a —letra (a) e como resposta esperada a —letra (b). O Quadro 10 apresenta o resultado das respostas dos alunos a esta questão.

Quadro 10: Respostas dos alunos à questão 7.

7. O que é um modelo atômico?	
a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.	11
b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.	0
c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.	0
d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.	0
e) Não sei.	1

Fonte: pesquisadora

A questão 8 apresenta como resposta correta a —letra (d) e como resposta esperada e —letra (d) ou eventualmente a letra (b). O Quadro 11 apresenta o resultado das respostas dos alunos a esta questão.

Quadro 11: Respostas dos alunos à questão 8.

8. Como um modelo atômico é construído?	
a) Por meio da imaginação dos cientistas.	0
b) Por meio de observações da natureza.	0
c) Por meio de observações experimentais.	2
d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.	10
e) Não sei.	0

Fonte: pesquisadora

As questões 7 e 8 tinham como objetivo identificar a concepção dos estudantes, sobre os modelos científicos. Por meio dessas respostas procuramos evidenciar o conhecimento em relação a construção da ciência. O resultado surpreendeu, pois, a maioria dos estudantes escolheram as respostas corretas, podendo concluir que compreendem a ciência como construção humana; reconhecendo que teorias se ajustam e sua elaboração integra-se aos dados experimentais, mesmo resultado de Pinheiro (2011). Ao que parece, esses estudantes abandonaram concepções empirista sobre

ciência, mas na questão dissertativa esse resultado foi colado em contradição ao descreverem que “...*matéria é tudo o que é possível ver e tocar*” ou até mesmo ilustrarem, representações em que o átomo se apresenta num conjunto de círculos.

A questão 9 apresenta como resposta correta a —letra (d) e como resposta esperada, a —letra (c) ou eventualmente a —letra (a). O Quadro 12 apresenta o resultado das respostas dos alunos a esta questão.

Quadro 12: Respostas dos alunos à questão 9.

9. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?	
a) Rutherford.	4
b) Thomson.	2
c) Bohr.	1
d) Quântico.	2
e) Não sei.	3

Fonte: pesquisadora

A questão 9 tinha como objetivo identificar, qual modelo atômico os estudantes reconhecem para explicar a estrutura da matéria. A alternativa “letra a”, uma das respostas esperadas, foi a mais escolhida dentre os estudantes. Possivelmente ao longo da instrução que receberam se limitaram ou destacaram somente o modelo de Rutherford. A segunda resposta esperada foi escolhida apenas por um aluno, talvez por não conhecido ou lembrado. Ainda essa questão, apresentou maior número de “não sei” o que indica o não conhecimento de pelo menos um dos modelos citados.

A questão 10 apresenta como resposta correta apresenta-se a — letra (c) e como resposta esperada, a —letra (b). O Quadro 13 apresenta o resultado das respostas dos alunos a esta questão.

Quadro 13: Respostas dos alunos à questão 10.

10. Como são detectadas as partículas elementares?	
a) Usando um microscópio.	2
b) Por meio de sua observação direta na Natureza.	0
c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.	6
d) Com o uso de telescópios especiais.	1
e) Não sei.	3

Fonte: pesquisadora

Poderíamos relacionar essa questão ao grupo de questões de conhecimentos específicos. A maioria dos estudantes apresentaram conhecimento de como as partí-

culas elementares são detectadas, “letra c” (resposta correta). Porém alguns escolheram a alternativa “não sei”, ou seja, não identificam nenhuma forma de detecção referente as partículas.

O quadro 14 apresenta uma síntese das respostas ao questionário indicando se o subunçor estava presente (SP) ou não (SA).

Quadro 14: Síntese dos resultados do questionário referente a sondagem com indicação de presença ou não de subunçor.

Questões	Classificação (Nº. de alunos)	
	SP	SA
1	2	10
2	0	12
3	9	3
4	0	12
5	0	12
6	5	7
7	11	1
8	10	2
9	2	10
10	6	6

Fonte: Pesquisadora

A partir do número de estudantes que escolheram a “alternativa correta” foi construído o quadro 14 referente a síntese dos resultados do questionário da “Sondagem”, em que evidenciamos o número de subunçores presentes (SP) e subunçores ausentes (SA). As questões de conhecimentos gerais 1, 2, 4, 5 apresentaram os maiores índices de subunçores ausentes, por se tratarem justamente de aspectos gerais referentes ao tema. Estes conteúdos poderiam ter sido estudados durante a formação nas disciplinas de ciências. A prevalência das concepções erradas pode demonstrar ou o conteúdo não foi estudado ou ainda que o processo de aprendizagem pelo qual passaram os alunos não foi significativo.

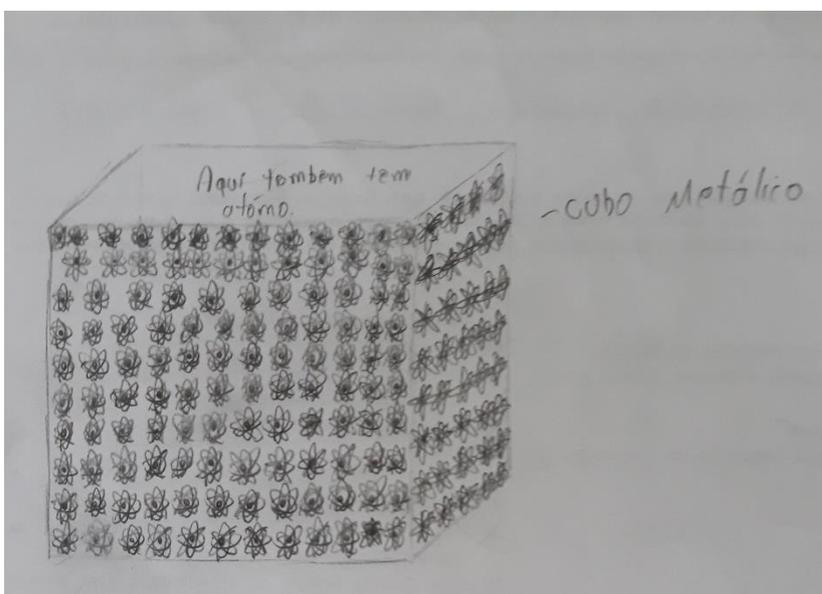
Em função do quadro de resultados apresentado foi necessário a elaboração de um organizador prévio que pudesse contribuir para suprir a falta desses conhecimentos prévios, importantes para o processo de assimilação do tema Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.

As questões 6, 7 e 10 referentes a concepção de ciência foram as que obtiveram maior índice de subsunçores presentes; a questão 9 específica por se tratar do modelo atual mais aceito apresentou um maior número de subsunçores ausentes.

Acerca da questão 11, Pinheiro (2011) indica que esperava, tanto descrições quanto ilustrações. Mesmo com o detalhamento do enunciado, alguns alunos deixaram de responder à questão 11, daqueles que responderam um mencionou que a matéria é constituída de átomos e outros apresentaram uma concepção empirista em relação a constituição da matéria.

O E7, demonstrou a constituição da matéria por meio de uma ilustração. A figura 7 apresenta a representação do aluno E7.

Figura 7: Representação do aluno E7 para a constituição da matéria.



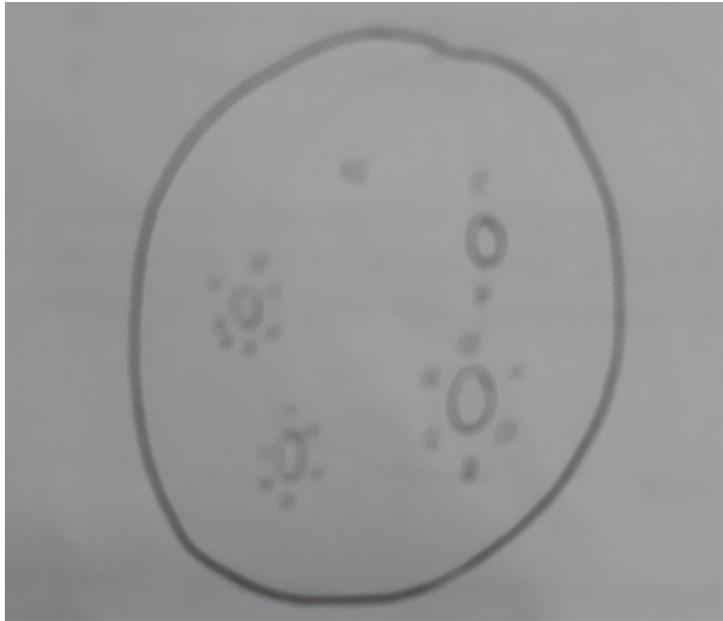
Fonte: aluno E7

Em sua representação, E7 mostra a estrutura de um sólido indicando tratar-se de um cubo metálico, em seu interior vários átomos desenhados segundo a representação do modelo proposto por Bohr-Sommerfeld tratando de uma combinação errônea desses modelos representados nos livros. Essa forma demonstra concepção de que a matéria é constituída por átomos, compostos de um núcleo e eletrosfera.

O aluno E8 não desenhou. Indicou na descrição apenas que a matéria “*É constituída de átomos*”. Esta indicação demonstra uma visão limitada, simples e reduzida da constituição da matéria, pouco considerável para análise.

E9, demonstrou a constituição da matéria por meio de uma ilustração. A figura 8 apresenta a representação do aluno E9.

Figura 8: Representação do aluno E9 para a constituição da matéria.



Fonte: aluno E9

Na representação de E9 o átomo é um círculo, composto por “bolinhas” menores; uma demonstração muito reduzida da matéria. Não só para E9, mas também para outros estudantes, foi possível constatar que a representação do átomo por meio de “bolinhas” ainda está muito presente em suas concepções e instruções sobre a estrutura da matéria. Para Pinheiro (2011) representações reduzidas são bastante apresentadas nas aulas de ciência, mesmo sem compreender os estudantes a acabam reproduzindo. Por isto é importante que o professor saliente, ao usar uma imagem, que a imagem é apenas a representação de um fenômeno e não o fenômeno. Também tal representação, pode ter sido comparada a uma célula, associando a estrutura atômica a estrutura celular apresentada em biologia.

O aluno E10, respondeu à questão 11 registrando que: “*Bom eu acho que Deus criou todas coisas e a matéria é uma delas*”. Esta afirmação não demonstrou sua concepção a partir daquilo talvez tenha estudado, mas indica suas crenças religiosas numa visão criacionista. Tal resposta nos permitiria uma discussão mais ampla a respeito da

ciência e a verdade, permitindo alguns questionamentos, por exemplo, como o estudante enxerga a ciência e religião? Ainda suas declarações podem apresentar mais de uma perspectiva de acordo com o contexto ao qual foi feita a pergunta.

O aluno E11, indicou como resposta a questão a afirmação: “*Tudo que é possível de se ver, identificar e de tocar*”. Esta afirmação demonstra uma concepção empirista da matéria. Essa resposta apresenta o reconhecimento do que é matéria a partir dos sentidos humanos, esperávamos uma resposta mais moderna, uma vez que hoje os estudantes têm acesso a vários meios de comunicação.

O aluno E12, afirmou que: “*O conceito de matéria para mim, é tudo que ocupa um espaço físico, ou seja, real*”. A resposta demonstra uma concepção materialista, partindo daquilo que é real ou perceptível.

Por meio da análise dos dados fornecidos por essa sondagem podemos concluir que os estudantes do ensino médio ouvidos: dividem-se entre conhecem e desconhecem o conceito de átomo; apresentam concepções que associam o átomo a algo indivisível (Modelo de Dalton) e concepção de uma estrutura composta por núcleo e eletrosfera (Modelo de Rutherford) havendo elétrons em órbita e prótons e nêutrons no núcleo.

Isso demonstra a limitação dos conceitos estudados durante toda instrução nas disciplinas de ciências e até mesmo algumas colocações em livros didáticos. Por isso, conforme indicado por Pinheiro (2011), embora em outra região do país, os estudantes apresentam a ausência de subsunções, como a concepção de modelo e as principais características referentes aos modelos atômicos de Dalton a Bohr, comprometendo a compreensão de um modelo contemporâneo como o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.

5.2 Questionário – Modelos em Ciência

De acordo com o cronograma apresentado nesse trabalho, durante a aplicação da aula 2 “Modelos em Ciência”, foi necessária uma aula para a exposição dos conceitos e o acréscimo de uma aula para a realização do questionário. Em virtude disso o cronograma inicial foi alterado, por motivos de rendimento apresentado pelas turmas, discussões e interações mediadas pelo professor.

A aula 2 foi iniciada com a apresentação de slides explanando o tema “Modelos em Ciência” adaptação da palestra ocorrida no Projeto Novos e Velhos Saberes, Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia - Prof. Charbel Niño El-Hani - novembro de 2010; durante a apresentação dos conceitos a aula foi dialogada motivando a discussão e a exposição de suas dúvidas a medida que fossem surgindo. Em função, dessa articulação o texto e questionário “Modelos em Ciência” ficou para a aula 3.

O material impresso entregue a cada estudante consistia em um texto “O que são modelos? – Modelos em Ciência – Modelo” e o questionário. Após a leitura individual, esclarecendo algumas dúvidas dos estudantes, os mesmos fizeram o questionário.

O objetivo do questionário “Modelos em Ciência” foi a avaliar a compreensão do texto e os conceitos apresentados nos slides. A seguir, são apresentados os resultados obtidos na resolução do questionário (Quadro 15).

Quadro 15: Respostas dos participantes da pesquisa ao questionário “Modelos em Ciência”.

Questões/ Estudantes	1 Como você define o que é um modelo?	2 De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?	3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?	4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?	5. Por que os modelos mudam na ciência?	6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?
E1	Para mim modelo pode ser definido como uma coisa ou uma pessoa, uma representação em escala reduzida.	Modelo é uma coisa que pode ser representada por uma ideia, apenas depende de que tipo de modelo estamos falando.	Seria o estudo mais aprofundado, onde os cientistas usam conceitos e relações.	Eles usam conceitos e relações que são “materiais” intelectuais construído pela imaginação e pela razão.	Porque cada modelo tem a teoria mais competente, mais de acordo com o que se pretende explicar.	Ele precisa “lidar” com os dados obtidos experimentalmente isso através de conceitos e teorias que ele cria.
E2	A palavra “Modelo” possui vários significados como, por exemplo: indivíduo contratado por agência ou casa de modas; representante típico de uma categoria; coisa ou pessoa que serve imagem, forma ou padrão a ser imitado, ou como fonte de inspiração, entre outros. Depende do contexto.	Que a palavra modelo possui diversos sentidos, dependendo do contexto, tais como: os modelos que desfilam na passarela, os modelos atômicos na física, o modelo de um navio, entre vários outros significados.	Os modelos na física seriam para facilitar os físicos a testar seus experimentos e coloca-los em prática algo que não seriam capazes de ver a olho nu.	Com teorias e experimentos.	Pois há novas teorias criadas.	Através de experimentos e teorias mais aceitas

E3	O modelo traz a ideia de representar uma teoria que foi criada pelo homem, assim para "vermos" e entendermos através dele, o que a pessoa que o criou, queria transmitir por meio de um conceito, sobre determinado assunto.	Ele é construído através da ideia de alguma pessoa, que de tal forma tenta transformar algo que se passa na mente dela, ao mais perto da realidade possível.	Que eles servem para representar o que os cientistas pesquisam por meio de conceitos e relações, criando assim uma "imagem" que até mesmo não conseguiríamos ver se não houvesse determinados modelos.	Através do conhecimento científico pesquisado, experiências, são construídos pela razão e imaginação de alguém...	Porque ao longo da história, pessoas vão criando outros conceitos que podem mudar o que o antigo definiria, assim se adequando melhor.	Novas teorias que se adaptam e são formados novos modelos através delas
E4	No contexto geral, um modelo seria a representação da realidade.	De acordo com o primeiro texto, entende-se que um modelo tem diferentes significados, mas no contexto geral, modelo é a representação da realidade. Já o segundo, dá a entender que modelo é a recriação "das coisas do universo", visto que ela pode ser pequena demais (átomo) como também não conseguimos ir até elas (planetas, galáxias, etc.)	Como mencionado antes, recriar algo.	Eles constroem os modelos com base em teorias.	Porque o universo está constantemente mudando, coisas novas surgem todos os dias e para os cientistas comprovar algo, os modelos precisam estar compatíveis com a realidade.	As regras a serem seguidas, se um modelo passou nos testes, ele conseguiu comprovar a teoria, etc.
E5	Modelos são construídos para que algo se torne mais próximo a realidade processos, objetos ou até mesmo ideias.	Dar realidade a algo que existe apenas em nossa imaginação, representação de uma série de coisas.	Ferramenta criada para conhecer a realidade, que só conseguimos conhecer através de modelos criados.	Com base em suas pesquisas teorias, razão e imaginação, não deixando de lado a matemática que é um fator fundamental, para a construção destes modelos.	Através das mudanças de modelo conseguimos aprimorar ainda mais, para que este chegue mais próximo da realidade.	O fato de que um seja mais avançado que outro, ou seja que pareça mais com a realidade.
E6	Um modelo pode ser a representação de uma série de coisas.	Modelo seria dar realidade (dar vida) a algo que só existe, supostamente em nossa mente.	A única forma de acessar a realidade são com os modelos que ele cria.	Utilizam uma ferramenta intelectual poderosa: a matemática. Ela passa a ser então o constituinte destes modelos.	Todo modelo proposto é testado, incansavelmente, inúmeras vezes. Todas informações obtidas são dadas com experimentalmente. Assim vão mudando até o resultado final seja obtido.	As suas alterações para melhor, o modelo que mais der certo, será o modelo mais aceito.

E7	Modelos de objetos eletrônicos como celular, tablete, computadores etc.	Modelos são utilizados para definir através de teoria e conhecimento, que eles não podem ser pessoalmente.	Definir teoricamente o que eles não podem ser pessoalmente, ou seja, acessar a realidade.	Com materiais sólidos como isopor, madeira e ferro, utiliza o conceito e relações.	Por que com o tempo são feitas novas descobertas, novos conhecimentos são adquiridos e novos modelos são feitos, substituindo os anteriores.	Seus dados após vários testes como por exemplo compara o modelo atômico de Rutherford com o modelo atômico quântico atual, assim são mais aceitos que outros.
E8	Como representação de algo ou como "modelos" de carros, celulares etc.	Modelo tem diversos sentidos dependendo do contexto em que é usado.	Um cientista cria modelos para representar uma parte da realidade que ele investiga, tendo conceitos e relações.	Materiais sólidos e principalmente o uso de conceitos e relações.	Facilita no estudo de determinadas coisas.	O embasamento do modelo nos conceitos e relações.
E9	Algo como exemplo de uma determinada coisa, porém com vários modelos diferentes no mesmo ramo.	Que é algo que apresenta um padrão ou de beleza ou teoria.	Seriam para mostrar como estudiosos em teorias e mostrá-las na prática e na teoria.	Com base em observações com práticas de acontecimentos.	Devido a chegada de novas ideias que os aperfeiçoam tornando os antigos obsoletos.	Ele se mostra mais autêntico do que o outro um exemplo é o lamarckismo e o darwinismo.
E10	Todas as informações que um modelo forma são confrontados com os obtidos experimentalmente.	Modelo é algo que usamos para definir diversas coisas assim como: objetos, roupas, lugares ou até mesmo pessoas.	Fazer uso de conceitos e relações e não apenas uso de coisas materiais.	Matéria prima da ciência. São "matérias" intelectuais construídos pela imaginação e pela razão.	De acordo com o aprofundamento e outros valores de sentidos. Os modelos mudam conforme a ciência.	Não é questão de gosto mas dependendo do modelo ele é mais aceito pelo outro pelo simples fato dele fazer mais sucesso que o outro.
E11	Algo que deve ser copiado ou algo que é mostrado como o certo a ser copiado. Uma pessoa, uma maquete, um desenho...	Que pode ser uma representação de diversas coisas, desde uma ideia, objeto ou um processo.	Uma ferramenta criada pelos cientistas para tentar conhecer a realidade.	A partir da matemática.	Porque o modelo usado pelo físico ele mesmo cria.	Tendo os conceitos dele não contestados por nada e todos as teorias bateriam com o seu modelo.
E12	A palavra modelo varia de acordo com o contexto, existe modelo de passarela, ou modelo que serve com um "exemplo", até mais como explicação, e de como é constituído.	Modelo é a representação de ideias e conceitos imaginados por pessoas.	Tem o papel de explicar, e ajuda a entendermos melhor a física e como funciona, proporcionando vida a imaginação, porém com provas reais que o modelo é a representação ideal.	Com teorias, testes, provas e ajuda da matemática, também é importante salientar a importância da imaginação no processo de criação.	Porque a ciência evolui descobrimos que os conceitos são alterados e os modelos também, mudando o modelo é capaz de obter-se melhores resultados do por que ocorre tal fato. Porém todo modelo é provado e testado antes de ser aceito.	Sua ideia principal e representação, dois modelos diferentes podem representar uma mesma teoria, porém um desses é mais sofisticado e com diferenças sendo assim mais aceito que o outro.

--	--	--	--	--	--	--

Fonte: Pesquisadora

As questões referentes ao questionário “Modelos em Ciência” apresentada a seguir, foram analisadas segundo categorias elaboradas para cada questão.

Para a questão 1 foram definidas as seguintes categorias: definição como cópia do material lido; noção de modelo; contextualização da resposta; representação material de objetos.

Questão 1: Como você define o que é um modelo?

E1, E2 e E10 citam como definição de modelo parte do texto, o qual fizeram a leitura. E3 demonstra a noção de “modelo” associada a uma teoria criada pelo homem. E4 e E12 cita o “contexto” o qual o conceito “modelo” é usado, porém E4 se refere a um contexto geral e E12 a um contexto de situação, ao final acabam se diferindo. E6 e E9 associaram “modelo” a representação de várias coisas... E5, E7 e E8 associaram “modelo” a uma representação material dos objetos que os cerca. E11 a algo a ser copiado, demonstra a ideia de algo como referência.

A questão 2 sugeria que os alunos utilizassem o texto para a definição de modelo. Para esta questão foram definidas as seguintes categorias: relacionada ao contexto; como representação pessoal; como representação da imaginação; como beleza ou teoria.

Questão 2: De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

De acordo com a pergunta sugere como resposta definições encontradas no texto. Para E1 e E2 modelo é uma coisa que pode ser representada por uma ideia dependendo do contexto do modelo; E2 também menciona a influência do contexto e apresenta alguns exemplos. E3 uma representação pessoal da mente para o mais perto da realidade; E5, E6 e E12 ao mencionarem a representação algo que existe apenas em nossa imaginação também nos remete a algo que está na mente de cada um. E4 uma representação da realidade desde aquilo que não está ao alcance do ser humano, como o que não é visível até o inatingível. Para o estudante E7 modelos são utilizados para definir por meio de teoria e conhecimento aquilo que é pessoal. E9 associa modelo a um padrão e exemplifica padrão de beleza ou teoria. E10 e E11 mencionam a função do modelo como definição de diversas coisas.

Para a questão 3 foram definidas as seguintes categorias: estudo; teste; representação.

Questão 3: Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Para E1 o papel dos modelos seria um estudo mais aprofundado. Para E2 os modelos desempenham a função de teste para validação dos experimentos, colocar em prática aquilo que não é visível. E3 coloca que os modelos servem como representação daquilo que os cientistas pesquisam por meio de conceitos e relações, associando assim a uma “imagem”. E4 menciona que a função ou papel é recriar algo. E5, E6 e E11 mencionam que é uma ferramenta que descreve a realidade. E7 e E8 também utilizam termo realidade para demonstrar as relações entre os conceitos. E9 menciona que é uma representação prática da teoria. E10 sua função é fazer o uso dos conceitos e suas relações. Dentre algumas respostas, a ideia de “representação de conceitos e relações” são recorrentes. E12 menciona que o papel dos modelos é para a melhor compreensão da física levando em consideração provas reais de uma representação ideal. De forma geral, os estudantes perceberam que a principal função de um modelo é a de “representação”.

Para a questão 4 foram definidas as seguintes categorias: imaginação e razão; materiais sólidos; matemática.

Questão 4: Com que os físicos constroem os modelos científicos?

E1 e E3 menciona o uso de conceitos e relações construídos pela imaginação e pela razão. E2 e E4 associa a teoria e experimentos. E7 e E8 citam a mesma ideia de construção de modelo a partir de materiais sólidos. E5, E6, E11, E12 citam a matemática fundamental no processo de construção dos modelos.

Para a questão 5 foram definidas as seguintes categorias: eficácia; conhecimento da época.

Questão 5: Por que os modelos mudam na ciência?

E1 apresenta a ideia que os modelos mudam para se tornarem mais eficazes. E2 cita a inovação das teorias; E4 demonstra a concepção de que os modelos são compatíveis a realidade por isso estão em constante reformulação. E5 apresenta uma ideia atribuída a quem criou o modelo. E6 menciona a mudança nos modelos são devidas as inúmeras vezes que são testados até alcançar o resultado esperado.

E7 e E9 compartilham da concepção de mudanças nos modelos de acordo com os novos conhecimentos os aperfeiçoando. E8 acredita que as mudanças ocorrem por facilitarem a compreensão enquanto que E10 associa ao nível de aprofundamento e evolução da ciência. E12 demonstrou uma concepção mais abrangente da construção dos modelos a partir da evolução dos conceitos ao longo da ciência, que o modelo pode ser ajustável de acordo com o contexto que foi desenvolvido e validável. E3 também apresenta uma noção de adaptação do modelo ao longo da história, ou seja, foi capaz de associar a mudança ao contexto histórico. Na questão 5, foi perceptível que os estudantes apresentaram respostas bem diferentes entre si.

Para a questão 6 foram definidas as seguintes categorias: concordância com dados e teorias; retrará a realidade; sofisticação.

Questão 6: Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

E1 em sua resposta coloca a interação entre os dados experimentais relacionados aos conceitos e teorias; E8 também comenta o fato das relações entre modelo e conceitos serem mais aceitas. E11 a concordância entre modelos e teoria. E2 e E3 apresentam a mesma concepção por meio de experimentos e teorias mais aceitas.

E4 se os modelos ao serem testados comprovam teorias; E7 retrata a mesma concepção que os modelos mudam após serem testados e coloca a comparação entre o modelo de Rutherford e o modelo quântico. E5 o mais aceito é aquele que retrata melhor a realidade e E6 para seu aperfeiçoamento; E9 destaca o fator da autenticidade dos modelos e compara o lamarckismo com darwinismo. E 10 menciona a questão de aceitação ou identificação ao modelo. E12 o mais aceito está associado ao mais sofisticado.

Conforme o apresentado, os estudantes não apresentaram dificuldades na realização do questionário “Modelos em Ciência”, uma vez que, o texto os auxiliou por meio de consulta e esclarecendo dúvidas durante a resolução. Porém, para algumas questões, mesmo consultando o texto apresentaram pontos de vista bem diferenciados, ou seja, demonstra a que a compreensão e construção dos conceitos é um processo “intrínseco” do indivíduo.

5.3 Leitura da HQ e Linha do Tempo – Modelos Atômicos

Em razão de suprir a ausência de conceitos básicos referentes a estrutura da matéria e da necessidade da existência destes conceitos para ocorrer a ancoragem dos novos conceitos, de acordo com os pressupostos do referencial teórico adotado, foi necessário a elaboração de um instrumento que fosse utilizado como organizador prévio. Nesse caso em específico a estratégia adotada foi a de uma História em Quadrinhos (HQ) – Uma viagem ao mundo das Partículas. A história permeia a construção dos modelos atômicos ao longo de um processo histórico, justamente evidenciando os conceitos básicos e gerais referente a cada modelo desde Dalton à Bohr.

A leitura da HQ foi realizada na sala de tecnologia da unidade escolar devido ao formato digital em que foi apresentada. O link foi disponibilizado em rede para que todos tivessem acesso. Dentre as orientações para uso da sala de tecnologia, os estudantes sentaram em duplas para desenvolver as atividades propostas, devido ao número e funcionamento das máquinas. A leitura da HQ e a posterior atividade da Linha do Tempo foram realizadas em duplas, portanto, o resultado da atividade apresenta-se num total de seis duplas.

Vale mencionar que durante a leitura, alguns estudantes ficaram curiosos quanto a elaboração e ilustração da HQ. A atividade “Linha do Tempo – Modelos Atômicos”, foi realizada na sala de tecnologia da escola, após a leitura da HQ, com objetivo de avaliar a identificação das principais características dos modelos atômicos.

A elaboração da linha do tempo ocorreu na aula 4, no slide os estudantes tinham que identificar o cientista referente ao modelo, os experimentos realizados e a descrição do modelo. Foram orientados pela professora para usar a HQ como referência e também acessar sites de busca para preencher as informações solicitadas. Alguns alunos questionaram a diferenciação entre o que deveria ser preenchido no item experimentos e modelo atômico.

A seguir são apresentados os resultados de algumas das atividades da Linha do Tempo, construída no formato de slides pelos alunos.

A figura 9 apresenta a representação da linha do tempo aluno E7.

Figura 9: Representação da linha do tempo do aluno E7.

Identifique o Cientista e preencha as colunas, Experimentos e Modelo Atômico.			
ANO	CIENTISTA	EXPERIMENTOS	MODELO ATÔMICO
1808		Dalton descobriu a lei da pressão parcial dos gases e também a lei das proporções	Os átomos são indivisíveis e indestrutíveis e toda matéria é formada por
	Dalton		
1897		Ampôla de Crookes ou tubo de raios catódicos.	Pudim de passas, descobriu o elétron e os átomos são divisíveis.
	Thomson		
1911		Espalhamento das partículas alfa.	Descobriu o núcleo, os átomos são carregados positivamente e o núcleo é composto de duas
	Rutherford		
1913		Bohr chegou a esse modelo baseando-se no modelo do átomo estável, e admitia que	Os elétrons em órbita não descrevem o movimento em espiral, os elétrons podem
	Bohr		

Fonte: aluno E7

E7 associou em sua linha do tempo corretamente os cientistas e seus respectivos experimentos, descreveu os aspectos mais importantes referentes aos modelos atômicos. Destacou como características principais para os modelos: no modelo atômico de Dalton que o átomo é indivisível, indestrutível e toda matéria é formada por átomos; no modelo de Thomson a descoberta do elétron; no de Rutherford a estrutura em eletrosfera e núcleo e por fim no de Bohr baseando-se num modelo de átomo estável. Em suas descrições notamos que E7, utilizou-se das informações dispostas na HQ.

A figura 10 apresenta a representação da linha do tempo do aluno E8.

Figura 10: Representação da linha do tempo do aluno E8.

Identifique o Cientista e preencha as colunas, Experimentos e Modelo Atômico.			
ANO	CIENTISTA	EXPERIMENTOS	MODELO ATÔMICO
1808		Leis das pressões parciais dos gases, Lei das proporções múltiplas relacionadas	Toda matéria é formada por átomos, são indestrutíveis e indivisíveis.
	Dalton		
1897		Ampola de Crookes	possui carga negativa, possui massa, descobriu que os raios catódicos se propagam em linha
	Thomson		
1911		Folha de ouro	Descobri o núcleo por meio de seu experimento, que os átomos são compostos
	Rutherford		
1913		Apresentou uma ideia que um elétron poderia cair de uma órbita de energia mais alta para	Os elétrons em órbita não descrevem movimentos em espiral, só em apenas certas
	Bohr		

Fonte: aluno 8

E8 associou corretamente os cientistas e seus respectivos experimentos e descreveu os aspectos mais importantes referentes aos modelos atômicos. Assim como E7, o estudante E8 também destacou que no modelo atômico de Dalton o átomo é indivisível, indestrutível e toda matéria é formada por átomos; no de Thomson a descoberta dos elétrons; que Bohr baseou-se num modelo de átomo estável; que Rutherford reduziu seu experimento a “folhas de ouro”, o qual foi somente um dos meios para a realização do experimento. Foi perceptível que E8, utilizou também das informações dispostas na HQ.

A figura 11 apresenta a representação da linha do tempo do aluno E9.

Figura 11: Representação da linha do tempo do aluno E9.

Identifique o Cientista e preencha as colunas, Experimentos e Modelo Atômico.			
ANO	CIENTISTA	EXPERIMENTOS	MODELO ATÔMICO
1808	 John Dalton	Segundo Dalton: átomos de elementos diferentes possuem propriedades diferentes entre si,	Modelo Atômico de Dalton
1897	 Thomson	QUÍMICA Modelo Atômico de Thomson Compartilhar Email	Modelo Atômico de Thomson
1911	 Rutherford	é um modelo atômico proposto pelo cientista Ernest Rutherford. Para montar sua teoria,	Modelo Atômico de Rutherford
1913	 Bohr	Na física atômica, o átomo de Bohr é um modelo que descreve o átomo como um núcleo	Átomo de Bohr

Fonte: aluno 9

E9 identificou corretamente os cientistas, mas ao associar aos seus experimentos, acabou descrevendo as características dos modelos atômicos; talvez não tenha compreendido o objetivo dessa atividade ao trocar os “experimentos” pelos “modelos”. Enquanto que para os “modelos atômicos”, somente preencheu o título mesmo havendo as principais características apontadas na HQ. Em sua descrição aparece a palavra “email”, provavelmente tenha consultado a internet para elaborar sua linha do tempo.

A figura 12 apresenta a representação da linha do tempo aluno E10.

Figura 12: Representação da linha do tempo do aluno E10.

Identifique o Cientista e preencha as colunas, Experimentos e Modelo Atômico.			
ANO	CIENTISTA	EXPERIMENTOS	MODELO ATÔMICO
1808	 Dalton	e, também, a lei das proporções múltiplas relacionadas com a química.	indestrutíveis *elementos diferentes são formados por átomos diferentes
1897	 Thomson	ampola de Crookes e tubo de raios catódicos	*descobrir os elétrons *átomos são divisíveis
1911	 Rutherford	folha de ouro	*descobriu
1913	 Bohr	que um elétron poderia cair de uma órbita de energia mais alta para uma menor	

Fonte: aluno 10

E10 associou em sua linha do tempo corretamente os cientistas e seus respectivos experimentos. Assim como E7 e E8 o estudante E10 indica que Rutherford reduziu seu experimento a “folhas de ouro”, o qual foi somente um dos meios para a realização do experimento. Destacou no modelo atômico de Dalton que o átomo é indivisível, indestrutível e toda matéria é formada por átomos. No modelo de Thomson destacou a descoberta dos elétrons. Os campos dos modelos de Rutherford e Bohr não foram preenchidos. Talvez E10 não tenha conseguido finalizar a atividade em função do tempo ou dificuldades em compreensão.

A figura 13 apresenta a representação da linha do tempo do aluno E11.

Figura 13: Representação da linha do tempo do aluno E11.

Identifique o Cientista e preencha as colunas, Experimentos e Modelo Atômico.			
ANO	CIENTISTA	EXPERIMENTOS	MODELO ATÔMICO
1808		Lei das pressões parciais dos gases, lei das proporções múltiplas relacionadas com as	Toda matéria é formada por átomos Os átomos são indivisíveis e
	Dalton		
1897		descargas elétricas em gases	Descobriu os elétrons Os átomos são divisíveis O átomo contém minúsculas partículas
	Thomson		
1911		Investigação das propriedades das partículas alfa	Descobriu o núcleo por meio de seu experimento do desvio de partículas alfa
	Rutherford		
1913		Introduziu a mecânica quântica e a ideia de uma eletrosfera constituída de vários	Os elétrons em órbita não descrevem movimento em espiral em direção ao núcleo
	Bohr		

Fonte: aluno E11

E11 associou em sua linha do tempo corretamente os cientistas e seus respectivos experimentos e descreveu os aspectos mais importantes referentes aos modelos atômicos. Destacou no modelo atômico de Dalton que o átomo é indivisível, indestrutível e toda matéria é formada por átomos; no de Thomson, a descoberta do elétron; no de Rutherford, a estrutura em eletrosfera e núcleo e por fim Bohr baseando-se num modelo de átomo estável, em que os elétrons ocupavam órbitas. Em suas descrições notamos que E11, utilizou das informações dispostas na HQ.

A figura 14 apresenta a representação da linha do tempo do aluno E12.

Figura 14: Representação da linha do tempo do aluno E12.

Identifique o Cientista e preencha as colunas, Experimentos e Modelo Atômico.			
ANO	CIENTISTA	EXPERIMENTOS	MODELO ATÔMICO
1808	 Dalton	Lei das pressões parciais dos gases, lei das proporções múltiplas relacionadas com as	Toda matéria é formada por átomos Os átomos são indivisíveis e
1897	 Thomson	descargas elétricas em gases	Descobriu os elétrons Os átomos são divisíveis O átomo contém minúsculas partículas
1911	 Rutherford	Investigação das propriedades das partículas alfa	Descobriu o núcleo por meio de seu experimento do desvio de partículas alfa
1913	 Bohr	Introduziu a mecânica quântica e a ideia de uma eletrosfera constituída de vários	Os elétrons em órbita não descrevem movimento em espiral em direção ao núcleo

Fonte: Aluno E12

Assim como E11, o estudante E12 associou em sua linha do tempo corretamente os cientistas e seus respectivos experimentos, descreveu os aspectos mais importantes referentes aos modelos atômicos. De forma muito semelhante, observando em suas descrições o uso das informações dispostas na HQ.

Durante o desenvolvimento dessa atividade, alguns estudantes não conseguiram finalizar, por isso algumas ideias expostas em suas linhas do tempo, talvez pareçam incompletas. Contudo, até mesmo pelo relato apresentado no questionário de opinião, todos acharam interessante e dinâmica a proposta dessas atividades.

De forma geral, a atividade de elaboração da Linha do Tempo – Modelos Atômicos apresentou bons resultados, a maioria dos estudantes demonstraram interesse em sua elaboração e a consideraram uma atividade diferenciada. Durante a leitura e elaboração da atividade ou até por alguns comentários percebemos que os estudantes compreenderam que a evolução dos Modelos Atômicos foi resultado de um processo histórico da evolução da ciência com a contribuição de vários cientistas, e que a ciência não é um processo de “descobertas” feitas por “gênios”.

Para Cachapuz et. all. (2004, p.364) “[...] é preciso substituir a visão tradicional do conhecimento como algo estável e seguro por algo dotado de complexidade que

tem de se adaptar constantemente a diferentes contextos e cuja natureza é incerta.”
Para ele,

O conceito tradicional de Ciência como uma natureza autônoma (internalista) e com uma legalidade que se impõe de forma absoluta, do exterior aos seres e às coisas, de sentido autoritário, reducionista e determinista, não tem mais sentido. Defendemos, assim, um posicionamento pós-positivista sobre a Ciência, aqui entendido como valorizando a índole tentativa do conhecimento científico, envolvendo sempre, de algum modo, na sua construção, uma confrontação com o mundo, dinâmico, probabilístico, replicável e humano (isto é, feita por Homens e para Homens), não confundindo a procura de mais verdade com a busca “da” verdade (como se de um absoluto se tratasse). Atualmente, a Ciência é parte inseparável de todas as outras componentes que caracterizam a cultura humana tendo, portanto, implicações tanto nas relações Homem-Natureza como nas relações Homem-Homem. (CACHAPUZ et. All.,2004, p.370-371)

Atividades que levem o aluno a reflexão sobre aspectos relacionados a epistemologia da ciência são sempre positivas.

5.4 Questionário – O Discreto Charme das Partículas Elementares

Na aula 5 conforme consta no plano de aula (Apêndice A), foi apresentado aos alunos o filme “O discreto Charme das Partículas Elementares” conciliando o lúdico a forma de introduzir os conceitos referentes ao Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.

O objetivo desse questionário foi proporcionar ao estudante uma reflexão e compreensão dos novos conceitos apresentados no filme. As 29 questões foram elaboradas, segundo Pinheiro (2011) de acordo com o conteúdo do filme, que trata de forma dinâmica os principais conceitos que do Modelo Padrão das Partículas Elementares. A proposta de resolução das questões, foi no formato de questionário no “google forms”. A ferramenta facilita a criação de formulários e questionários diversos, disponível gratuitamente para todos que possuem uma conta Google. O serviço pode ser acessado em diversas plataformas, como web, desktop e celular sendo útil para todos aqueles que queiram fazer um formulário de pesquisa ou de coleta de opiniões.

Por se tratar de um questionário com 29 perguntas achamos conveniente disponibiliza-lo nesse formato para que os estudantes o resolvessem com mais conforto. O acesso do questionário foi repassado por meio de um link para os estudantes líderes de cada turma que compartilharam nos grupos das três turmas.

Apesar das diferentes formas de acesso, a possibilidade de resolução fora da sala de aula, a possibilidade do acesso ao filme livremente pela internet e do amplo período para a resolução, poucos estudantes enviaram o resultado do questionário. Quando questionados do porquê do não enviou, deram como principal justificativa “muitas questões” e “estavam se dedicando ao exame nacional do ensino médio”. Considerando os critérios de inclusão e o número de respostas obtidas, optou-se por apresentar a análise das respostas apenas no Apêndice F.

5. 5 Atividade em Grupo – O que é elementar

Na aula 6 conforme consta no plano de aula (Apêndice A), foi apresentado aos alunos, como introdução tanto ao tema quanto a essa aula, o vídeo intitulado “Licenciatura em Ciências: Partículas Elementares” produzido pela Univesp. O vídeo traz como proposta uma noção geral do conceito de Partículas Elementares, Modelo Padrão e suas aplicações; foram feitas pausas para mediar as interações, proporcionando questionamentos e esclarecimentos entre os estudantes.

A visualização do vídeo foi proposta também com o objetivo de introduzir alguns temas decorrentes do conteúdo do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares, como:

- a) A descoberta das Partículas Elementares;
- b) Os aceleradores de Partículas;
- c) A origem do universo e as partículas elementares;
- d) A evolução dos modelos atômicos;
- e) Os principais grupos de partículas, Férmions e Bósons.

Depois da apresentação do vídeo os estudantes foram orientados a formarem cinco grupos para a realização da atividade. Cada grupo recebeu uma questão para ser debatida entre os integrantes, respondida e depois apresentada para o restante da turma. As questões trataram de indagações quanto a estrutura da matéria.

A seguir, apresentamos o quadro 16 com as questões e a síntese das respostas produzidas pelos grupos de cada turma.

Quadro 16: Respostas a atividade em grupo.

Grupos		3 A	3 B	3 C
A	Se o núcleo do átomo é constituído por partículas carregadas positivamente (prótons), por que esse núcleo não explode?	Prótons positivos e o núcleo negativo. As duas cargas são opostas, mas não se atraem, porque o núcleo forma uma barreira e junto com essa barreira fazendo com que partículas passem e acabe interagindo com essa barreira.	Por causa dos "pilares" (nêutrons), que fortalecem a amizade entre os prótons, não os deixando se repelirem desestabilizando o núcleo do átomo.	Porque ele não contém partículas carregadas negativamente e se tivesse partículas negativas elas iam entrar sua direção e a positiva entra.
B	Se cargas elétricas negativas e positivas se atraem, por que os elétrons não são absorvidos pelo núcleo?	Porque o elétron tem energia acelerada e pode emitir radiação perdendo energia, enquanto prótons e nêutrons tem mais energia por estarem no núcleo. Talvez o elétron mudando de órbita vai perdendo energia e fica sem forças para chegar ao núcleo.	Devido aos nêutrons.	Porque eles estão muito distantes do núcleo por estar na extremidade do átomo.
C	Se elétrons e prótons têm massa, qual o papel da interação gravitacional na estabilidade do átomo?	Como atualmente descobriram que os prótons e nêutrons não estão grudados, a interação gravitacional não deixa que os componentes do átomo se desgrudem, o mantendo estável.	Os elétrons e prótons orbitam o átomo de forma sincronizada isso ajuda na estabilidade.	A gravidade exerce uma força sobre o átomo, e então ele pende para o lado mais pesado e assim tornando-o instável.
D	E os nêutrons, qual o papel deles na estrutura do átomo?	Como o próprio nome diz, são partículas neutras, ou seja, não possuem carga elétrica. O seu papel é diminuir a força de repulsão entre os prótons no núcleo, lembrando que as cargas de mesmo sinal se repelem.	Pelo que entendemos, os nêutrons foram descobertos depois, por Chadwice, um cientista inglês. São partículas atômicas.	Nêutron é uma partícula neutra, ou seja, não possui carga elétrica, então em nossa concepção ele está estável.
E	Teria sentido pensar que as partículas atômicas básicas (elétrons, prótons e nêutrons) poderiam estar constituídas por outras ainda mais elementares?	Naquela época, com aquelas condições, seria inviável pensar que as partículas seriam ainda mais elementares (divisíveis) mas com as tecnologias disponíveis hoje é bem provável que mais descobertas ocorram pois ainda não conseguiram dividir o elétron.	Não, pois eles não podem ser constituídos.	Sim, pois a diferença de cada partícula básica, está na diferença de quantidade de energia entre elas.

Fonte: Pesquisadora

A análise dos questionários foi feita por questão relacionando as diferentes turmas. A seguir são apresentados os resultados.

Grupo A: A turma A e C apresentaram respostas um tanto confusas e equivocadas quanto ao porquê de o núcleo atômico não explodir, como “...*prótons positivos e o núcleo negativo*” e “...*por não conterem partículas carregadas negativamente e se tivesse partículas negativas*”. A turma B foi a que mais se aproximou da resposta ao citar que “...*os (nêutrons), fortalecem a amizade entre os prótons, não os deixando se repelirem desestabilizando o núcleo do átomo*”. Esta resposta demonstrando que intuitivamente os estudantes tem duas ideias: a da força nuclear forte entre prótons e nêutrons e a noção de equilíbrio da estrutura atômica.

Grupo B: A turma B foi a que mais se aproximou da resposta correta, mencionando a noção de que os elétrons ao mudar de orbital emitem energia. No entanto, a resposta está bem incompleta comparada a resposta esperada. A explicação está relacionada as considerações feita para o Modelo de Bohr. A única maneira do elétron não se juntar ao núcleo é o fato dos elétrons necessitarem de energias específicas para este “salto”. Ele também só poderia ter raios de órbitas específicas, ou seja, um raio associado a cada uma das energias permitidas, e com isso poderia se manter em órbita. Bohr apresenta o conceito de órbitas quantizadas, portanto o elétron só pode assumir órbitas com energias específicas, e por isso ele só pode estar em distâncias específicas do átomo.

Grupo C: Nenhuma das três turmas se aproximaram da resposta correta, uma vez que deveriam mencionar que a força atrativa responsável pela união dos quarks e pela estabilidade do próton, cuja partícula mediadora é o glúon, é conhecida como força forte.

Grupo D: A turma A respondeu corretamente à questão ao citar que “...*O seu papel é diminuir a força de repulsão entre os prótons no núcleo, lembrando que as cargas de mesmo sinal se repelem*”, porém, ao chamar o nêutron de “partícula” ainda demonstra a concepção de indivisibilidade na constituição associada ao nêutron. As turmas B e C associaram somente a noção de carga elétrica neutra.

Grupo E: A turma B apresentou a resposta errada e a turma C justificativa foi inadequada. A turma A teve a resposta mais completa, relacionando o contexto histórico em que essas partículas foram propostas.

De forma geral os grupos demonstraram interesse durante as discussões e apresentações de suas questões. Durante a apresentação alguns estudantes questionaram e esclareceram suas dúvidas.

Após a finalização desta atividade, iniciamos a apresentação dos slides, detalhando os principais fundamentos do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares e os principais grupos de Partículas Elementares (Férmions e Bósons). Trabalhamos os conceitos seguindo os princípios da teoria de Ausubel, definindo o conceito geral e depois progressivamente discutindo suas características e exemplificando os conceitos.

5. 6 Mapas Conceituais

A princípio durante o desenvolvimento desse trabalho nossa proposta, após a equiparação dos resultados obtidos para sondagem, era solicitar que apenas cinco estudantes que obtivessem bom percentuais de subsunçores presentes (SP), cinco com resultados intermediários e cinco com resultados insuficientes construíssem o mapa. Porém, durante a aplicação desse trabalho todos os estudantes presentes na aula 8, referente a construção de - um mapa conceitual sobre o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares, realizaram essa atividade.

A análise, contudo, só foi feita dos mapas dos alunos que satisfizeram os critérios de inclusão da pesquisa.

Na aula 10, os mapas conceituais desenvolvidos pelos alunos na aula 8, foram devolvidos com o propósito de fazer uma reflexão, se após a realização da atividade do vídeo game “Sprace”, os estudantes mudariam ou acrescentariam algo ao mapa já feito.

Os estudantes foram orientados a fazerem alguma alteração se eles achassem necessário, ou indicar alguma mudança quanto a sua organização se achassem conveniente. Para a diferenciação sobre o mapa construído na aula 8, foi sugerido que as possíveis modificações fossem feitas em uma cor diferente da inicial, e que ao final indicassem qual cor seria referente as alterações.

Ao final da aula 10, durante a devolução dos mapas e a interação entre professor e estudantes, notou-se que poucos haviam feito alguma forma de alteração no mapa. Para finalizar a atividade de mapa conceitual, foi proposta uma descrição do porquê da construção do mapa daquela forma escolhida pelo estudante, destacando sua organização e inter-relações dos conceitos.

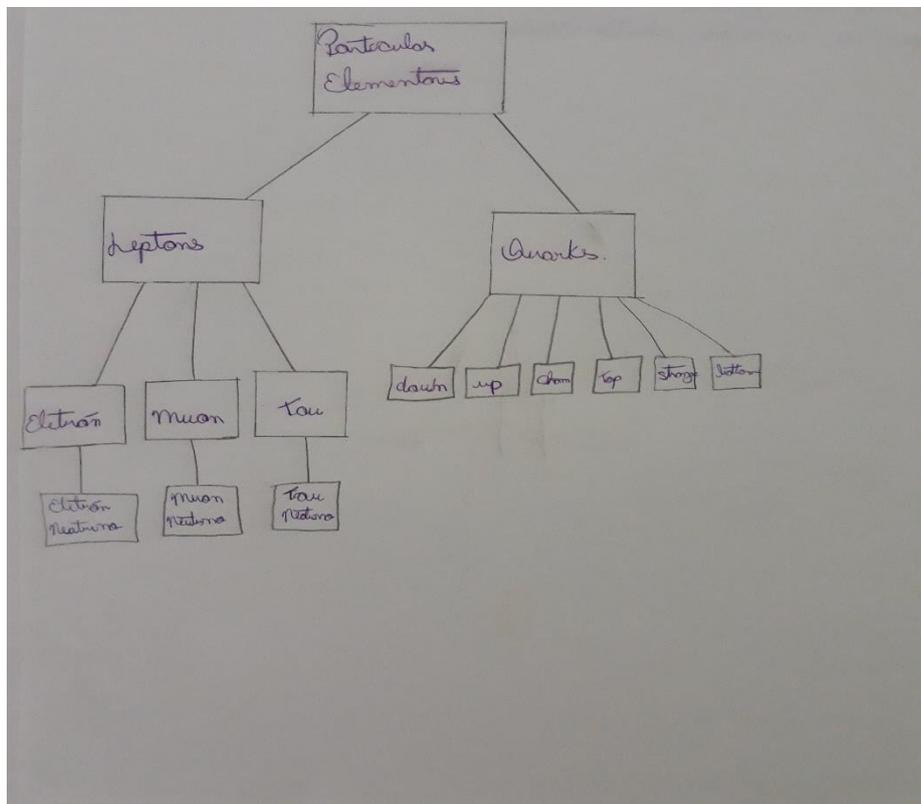
Os mapas foram analisados empregando modelo adaptado de Ruiz-Moreno (2007) fundamentado em Novak (1995).

A atividade com mapas conceituais permitiu aos estudantes externalizarem os conceitos trabalhados e suas relações de forma clara e objetiva, por isso o motivo de sua importância ao ser realizado. Como os estudantes não conheciam tal ferramenta, apresentamos inicialmente em uma aula o principal objetivo e a forma de construção de um mapa conceitual. Os estudantes entregaram os mapas e uma transcrição da explicação do mapa desenvolvido.

Segundo os critérios propostos por Ruiz-Moreno (2007) ao analisar cada mapa conceitual foram levados em consideração os conceitos relacionados ao Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares em níveis de hierarquia conceitual, as inter-relações entre esses conceitos e a estrutura do mapa.

O mapa conceitual apresentado na figura 15 foi acompanhado da seguinte descrição, feita pelo E1: “Eu escolhi esse esquema porque achei mais fácil de entender. E ele me ajudou a entender melhor sobre as partículas e o que se encontra dentro delas” (E1).

Figura 15: Mapa conceitual do aluno E1

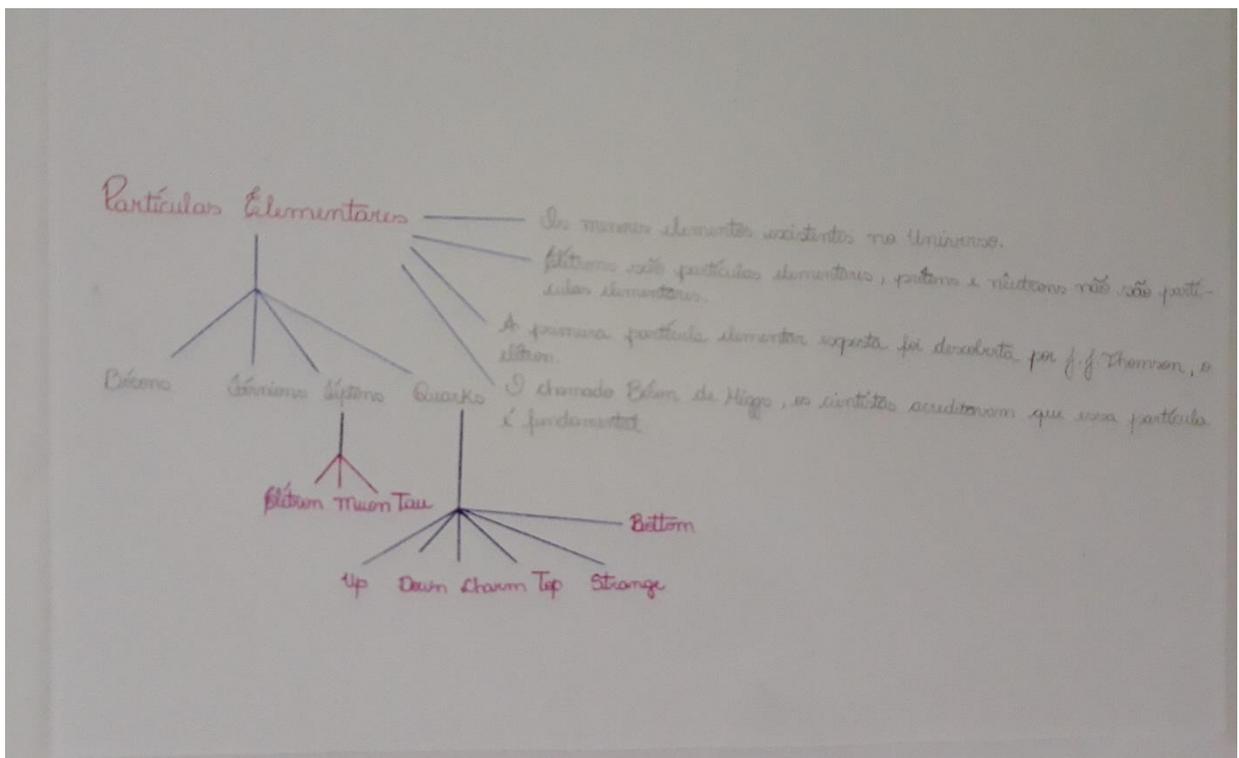


Fonte: Aluno E1

Considerando a proposta dessa atividade, que era a elaboração de um mapa conceitual sobre partículas elementares, e que um mapa é fruto de uma construção pessoal, a maioria dos conceitos escolhidos por E1, se relacionam com o conceito principal partículas elementares. O mapa conceitual apresenta de forma clara a diferenciação entre os grupos dos “Léptons” e “Quarks” e as respectivas partículas que os compõe. Na descrição referente ao mapa, E1 menciona que escolheu o “esquema” porque o achou mais fácil. De fato não são apresentados os férmions e bósons, mas demonstra a hierarquização desses dois grupos para as partículas e o mesmo nível de importância entre quarks e léptons. E1 não acrescentou e nem fez alterações ao final da aula 10.

O mapa conceitual do aluno E2, apresentado na figura 16, foi acompanhado da seguinte descrição: “O motivo de eu ter feito esse estilo de mapa foi de organizar em famílias e conceitos, pois facilitaria a compreensão” (E2).

Figura 16: Mapa conceitual do aluno E2.

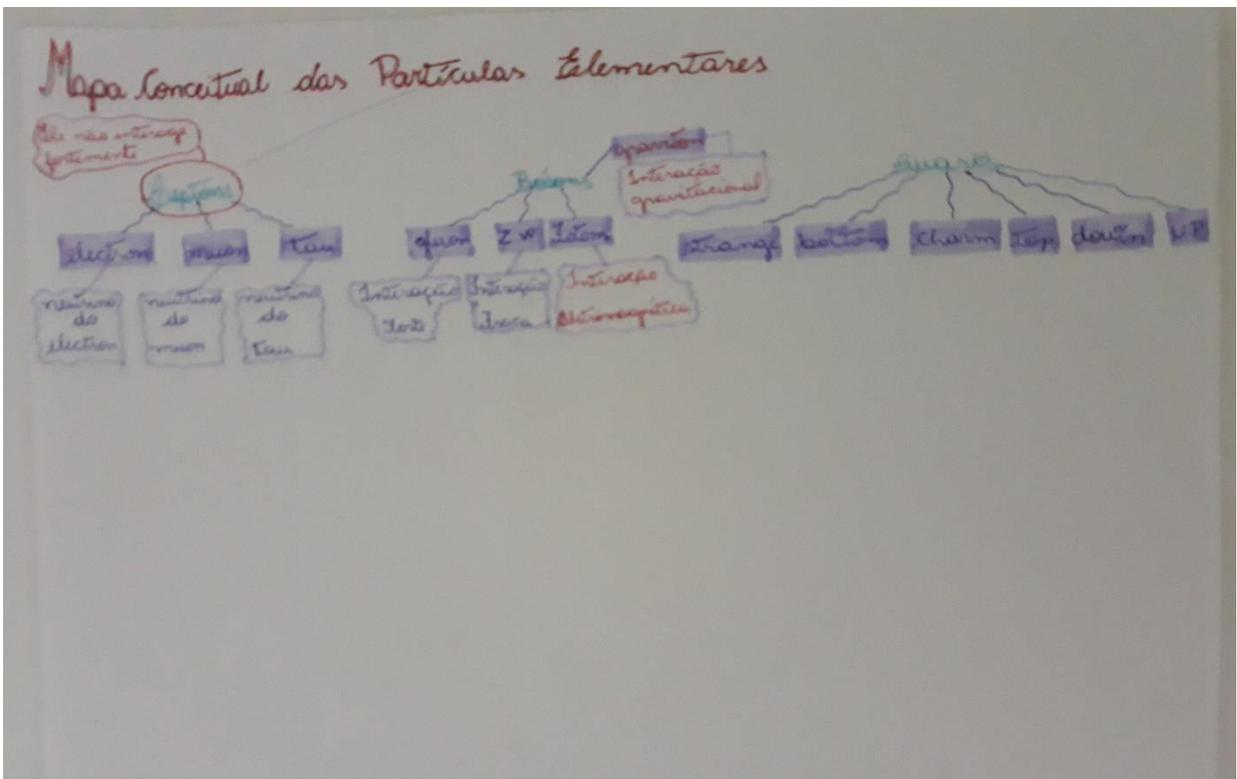


Fonte: Aluno E2

No mapa o aluno E2 apresenta a descrição de quatro grupos de partículas, porém há um problema em sua hierarquização, uma vez que Bósons, Férmions, Léptons e quarks estão ocupando o mesmo nível de conceitos. Sendo que – Quarks e Léptons - deveriam surgir de uma ramificação a partir dos Férmions. E2 colocou as Partículas Elementares como conceito mais abrangente e relacionou numa disposição lateral alguns conceitos e definições. Em sua descrição, demonstrou a questão da exposição de alguns conceitos relacionando-os a suas definições.

O mapa conceitual do aluno E3 não apresentou descrição.

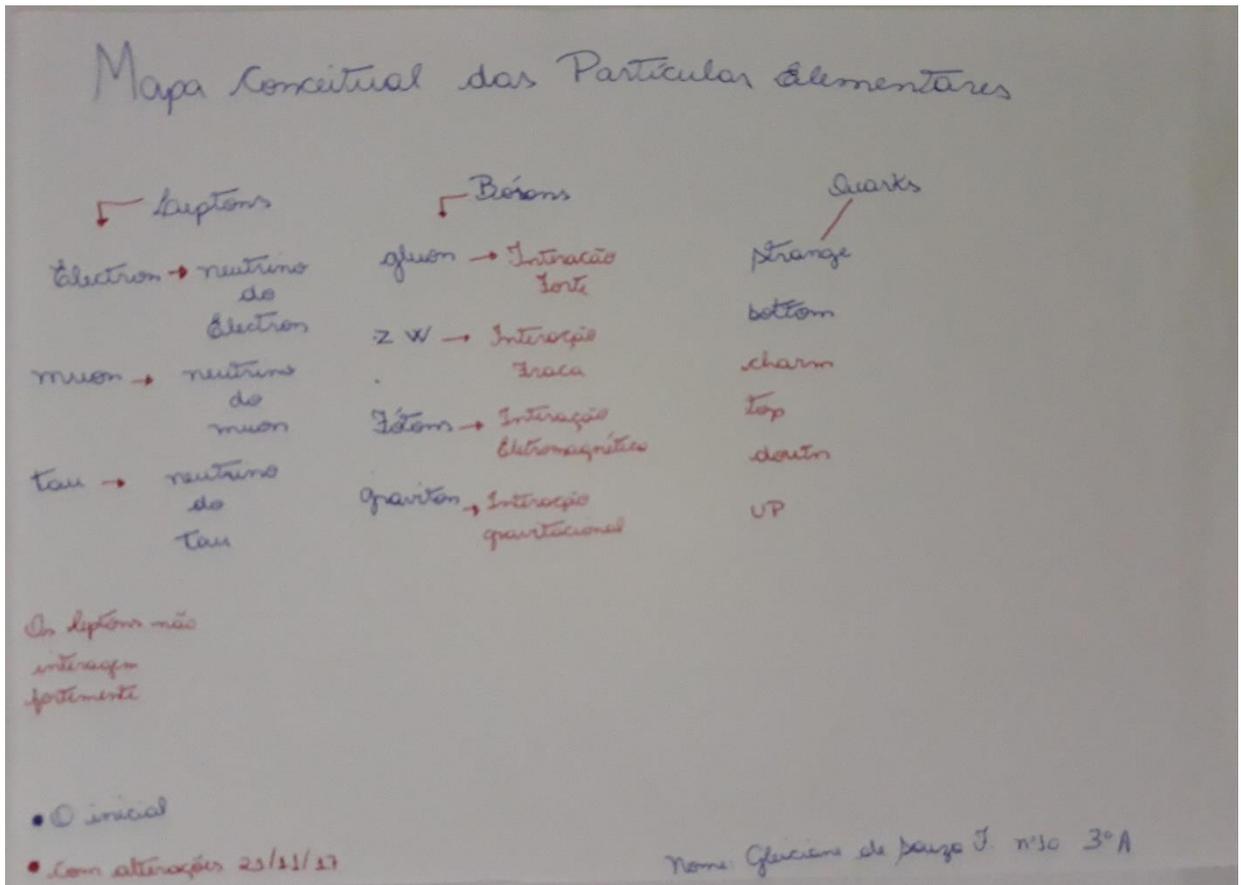
Figura 17: Mapa conceitual do aluno E3.



Fonte: Aluno E3

O mapa conceitual 3 não apresenta o conceito mais geral ou unificador, E3 inicia o mapa colocando Léptons - Bósons - Quarks todos no mesmo nível de conceitos. A cada um dos grupos há a inclusão das partículas que os compõe, mantendo sua hierarquização; aos Léptons foram associados a seus neutrinos e aos bósons e as suas respectivas interações fundamentais. E3 acrescentou alguns conceitos em seu mapa conceitual diferenciando esses ajustes pela cor vermelha. Ao fóton associou a interação eletromagnética e ao gráviton a interação gravitacional.

Figura 18: Segundo mapa conceitual do aluno E3.

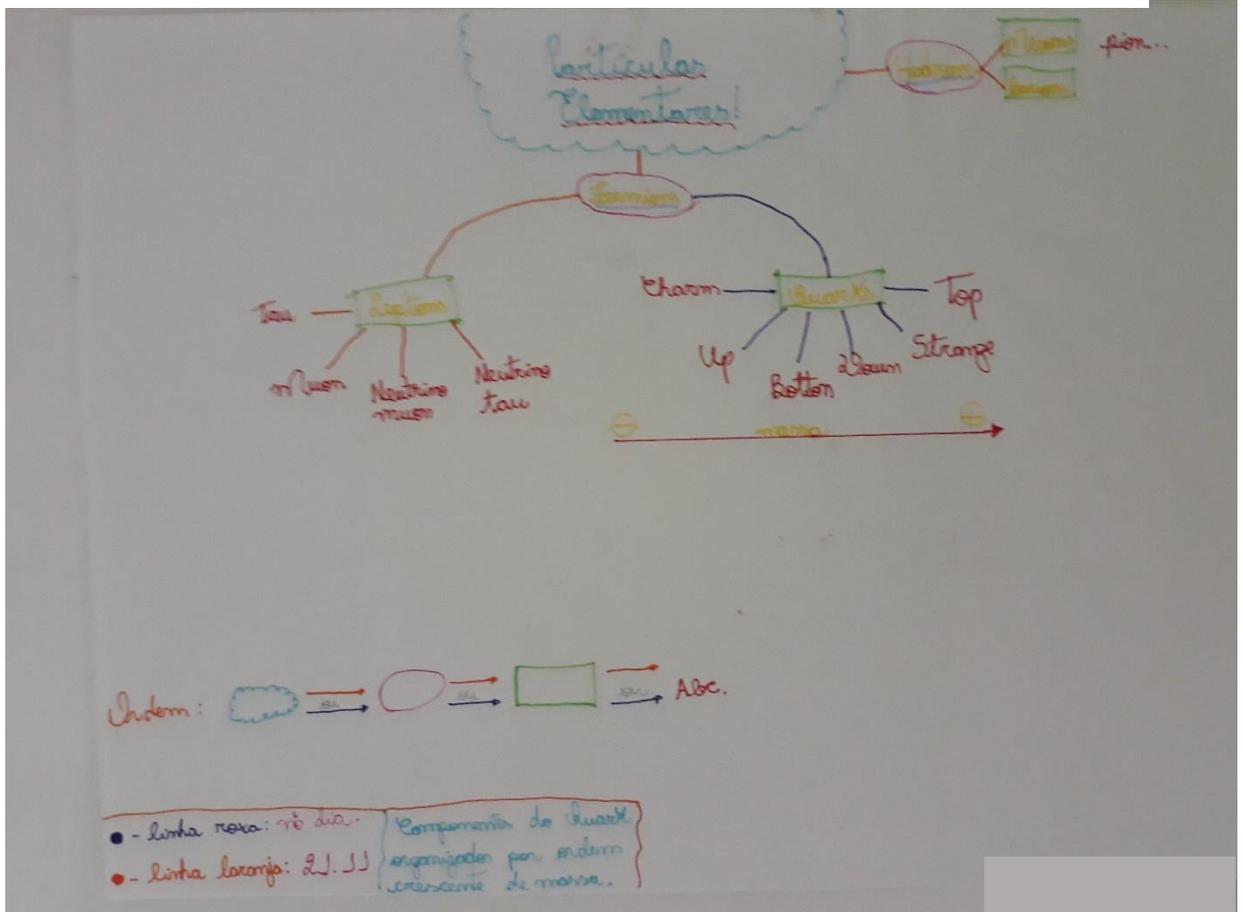


Fonte: Aluno E3

E3 ainda elaborou um segundo mapa conceitual em que apresentou os mesmos conceitos do mapa anterior, porém numa organização vertical. Os mesmos acréscimos feitos no primeiro mapa também encontram-se no segundo mapa, portanto o único diferencial entre os dois mapas feitos por E3 é a organização na vertical. Convém mencionar que foi o aluno E3 que propôs elaborar um segundo mapa.

O mapa conceitual feito pelo aluno E4, também não apresentou nenhuma descrição.

Figura 19: Mapa conceitual do aluno E4.

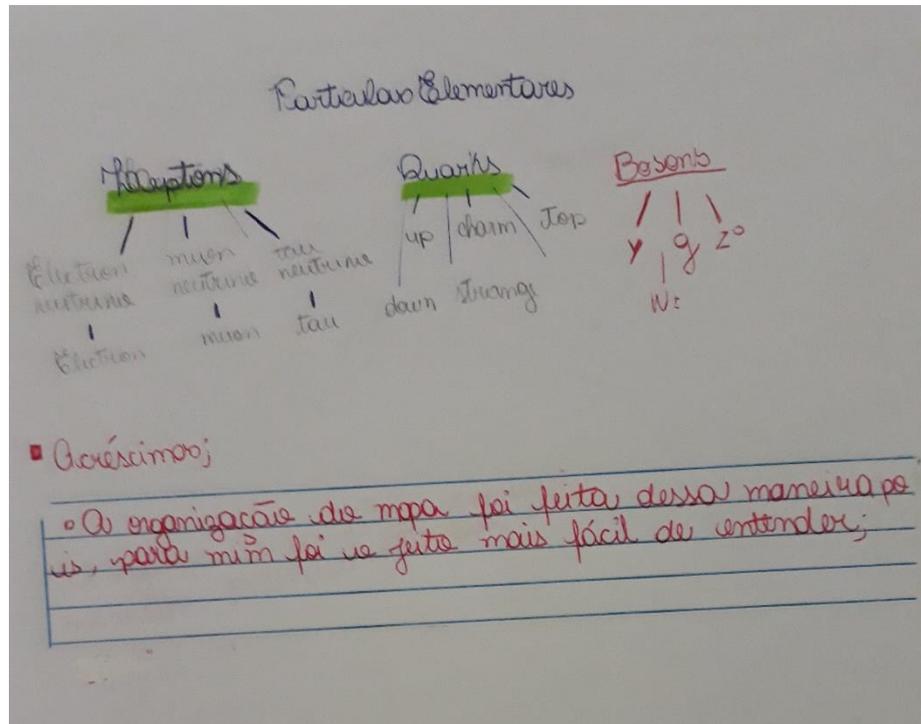


Fonte: Aluno E4

Este mapa apresenta de forma clara o conceito mais geral – Partículas Elementares, e a diferenciação entre os grupos dos “Léptons” e “Quarks” e suas partículas. Na descrição E4 cria uma representação para ordem dos conceitos usando figuras como, uma nuvem, elipse e retângulo. Numa disposição lateral ao conceito unificador foi acrescentado o grupo dos hádrons ramificando-se em mésons e bárions. Dentre os treze mapas analisados somente deste constam tais grupos. No trecho referente ao grupo dos quarks E4, fez uma observação muito pertinente ao identificar por um seguimento de reta organizando os quarks em ordem crescente de massa. Ao retomar o mapa na aula 10, E4 fez algumas novas ligações entre os conceitos com a cor laranja, demonstrando as relações existentes.

O mapa conceitual feito pelo aluno E5, apresentou a descrição no próprio mapa conceitual.

Figura 20: Mapa conceitual do aluno E5.

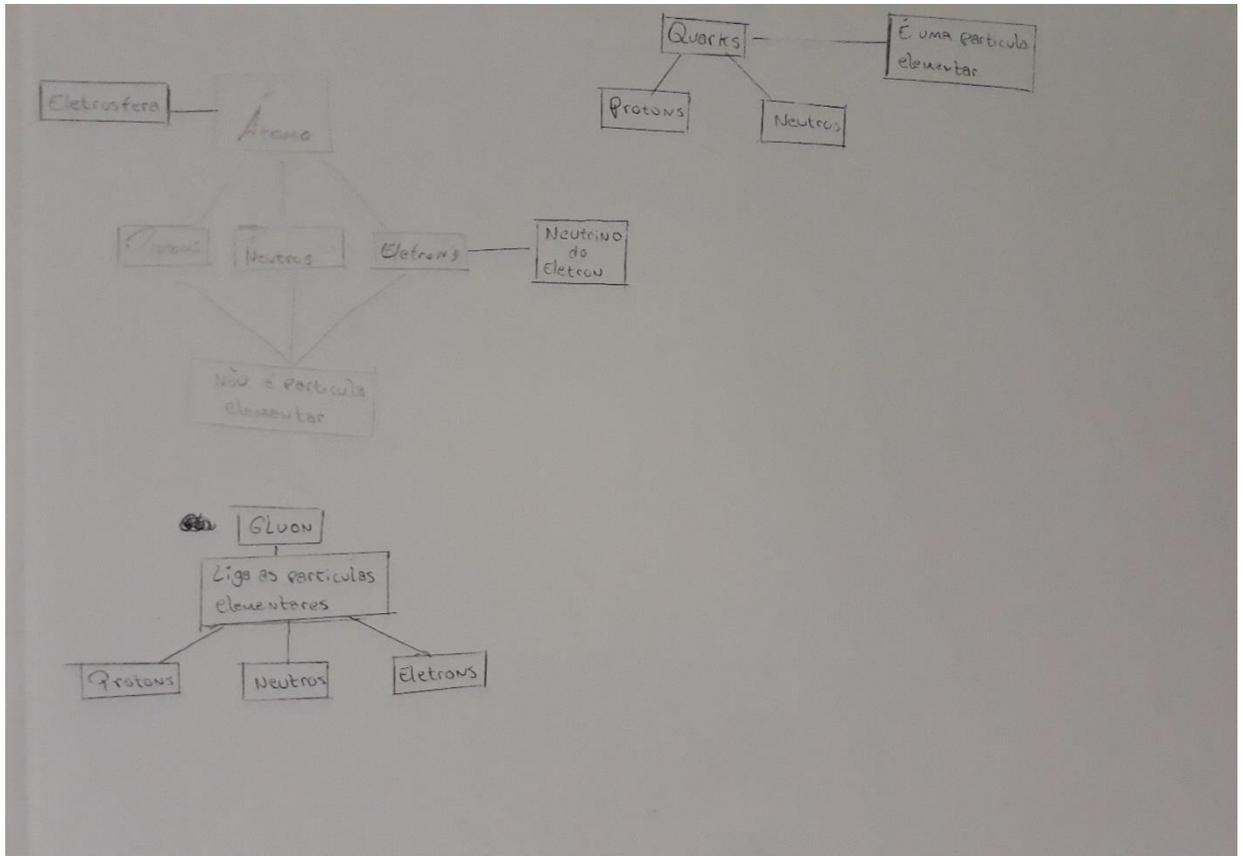


Fonte: Aluno E5

O mapa conceitual proposto por E5, não apresenta ligação tanto entre o conceito geral, Partículas Elementares, quanto entre os três grupos de partículas. Ainda pode-se evidenciar a falta de relação entre os grupos Léptons – Quarks – Bósons. Isso pode demonstrar dúvidas conceituais sobre o tema. A partir desses grupos, foram agrupadas as partículas constituintes, porém no grupo dos Léptons seus neutrinos estão em um nível de maior inclusão em relação aos próprios léptons. O grupo dos Bósons foi acrescentado ao fazer a revisão do mapa na aula 10. A descrição encontrada no próprio mapa, relata a forma mais simples de compreensão.

O mapa conceitual feito pelo aluno E6, foi acompanhado da seguinte descrição: “Essa forma foi um jeito mais simples para se entender as ligações das partículas” (E6).

Figura 21: Mapa conceitual do aluno E6.

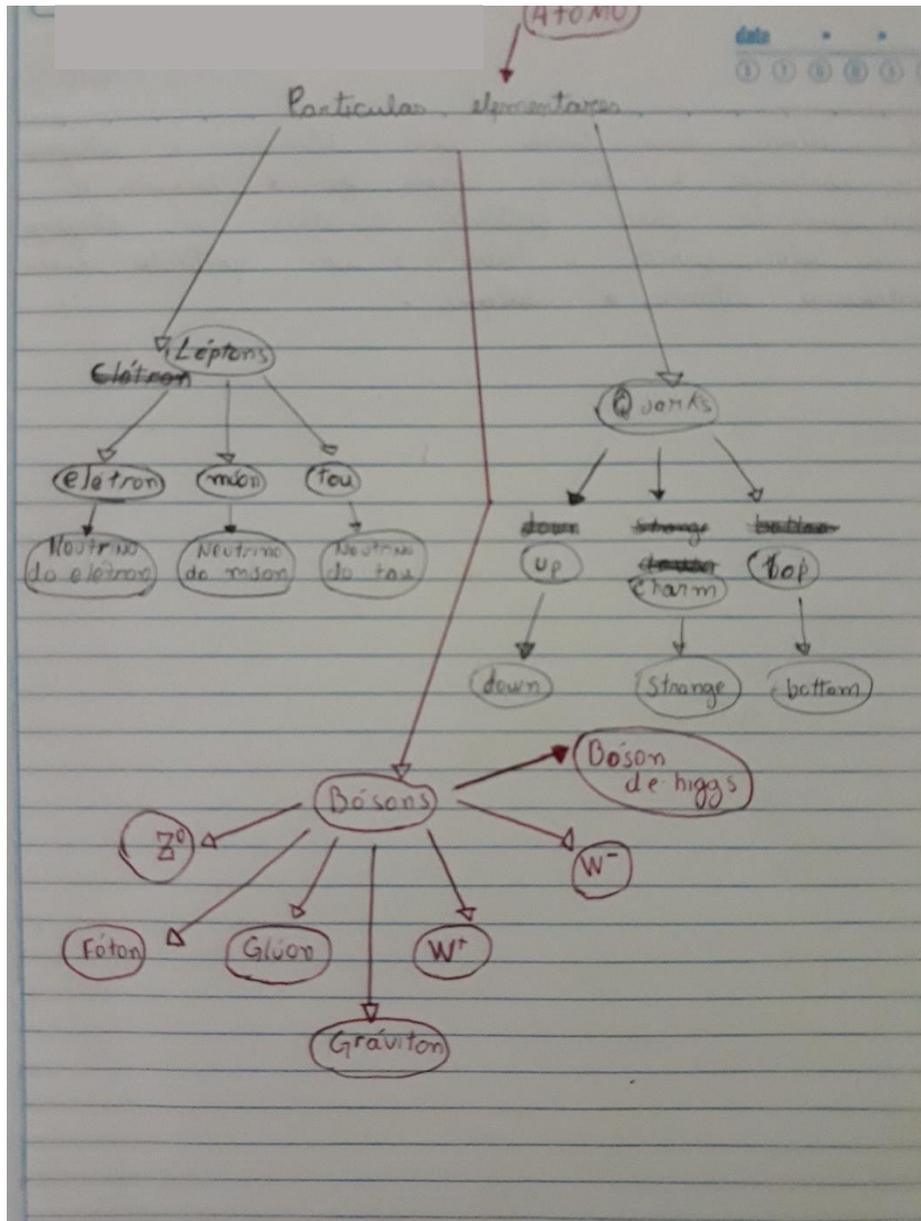


Fonte: Aluno E6

Este mapa conceitual apresenta três grupos desconexos entre si com erros conceituais, ficando evidente as dúvidas tanto conceituais quanto relacionada a estruturação de um mapa conceitual. Os grupos possuem ligações insuficientes e relacionados de forma errônea. Dessa forma, é possível concluir que E7 apresentou problemas na compreensão do tema e no instrumento usado para representá-lo.

O mapa conceitual feito pelo aluno E7, foi acompanhado da seguinte descrição: “Eu coloquei dessa forma para determinar a categoria das partículas de forma simples, primeiro falando do átomo, partindo para as partículas elementares os categorizando os léptons, quarks e bósons e suas partículas menores ainda, como elétrons” (E7).

Figura 22: Mapa conceitual do aluno E7.



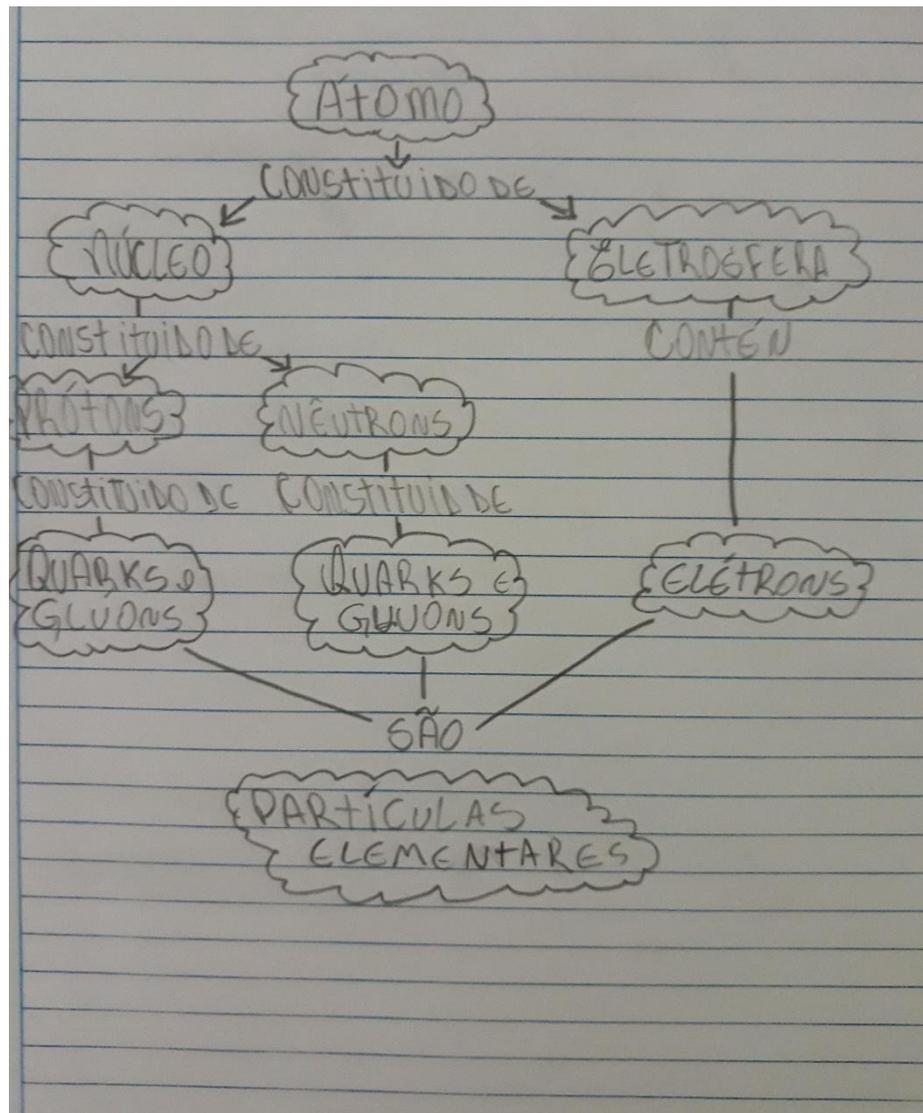
Fonte: Aluno E7

O mapa conceitual apresenta sua elaboração inicial feita na aula 8 com a cor preta e os ajustes e acréscimos na cor vermelha. Dessa maneira, ficou perceptível que E7 alterou o conceito geral, de Partículas Elementares para Átomo. Aparentemente isso demonstra que sua percepção quanto a inclusividade dos conceitos foi alterada

tornando-a mais geral. O grupo dos Bósons acrescentado, já em sua revisão, ficou em um nível abaixo, talvez devido a disposição vertical da organização e hierarquização conceitual. Dentre os constituintes dos bósons houve um destaque quanto ao Bóson de Higgs comprovado há poucos anos e pontuado nesse mapa conceitual. Contudo, apresenta um erro conceitual ao colocar as partículas associadas a interação fraca separadas. Não só visualmente mas, essa questão dos níveis em que os conceitos foram apresentados, prejudicou em partes a disposição e organização do mapa conceitual. Sua descrição demonstra a preocupação quanto a categorização das partículas respectivamente em seus grupo.

O mapa conceitual apresentado pelo aluno E8, foi acompanhado da seguinte descrição: *“Comecei pelo átomo, a menor partícula divisível e do que ela é formada e o que ela forma, as partículas elementares” (E8).*

Figura 23: Mapa conceitual do aluno E8.

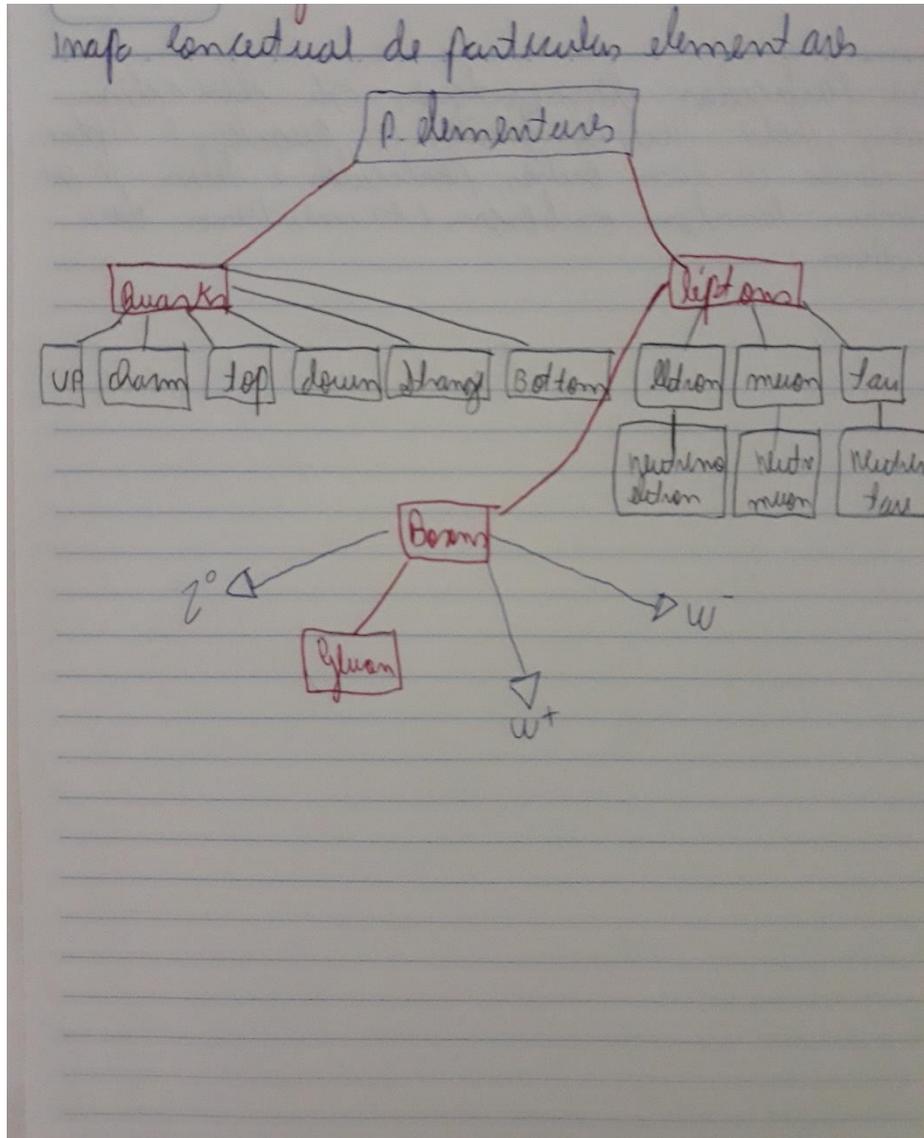


Fonte: Aluno E8

O mapa conceitual ao apresentar uma estruturação organizacional diferenciada, incluindo palavras de ligações entre os conceitos tornando-o objetivo, levantou suspeita quanto a sua realização principalmente ao ler a descrição, em que E8 diz que “...inciciou pelo átomo, menor partícula divisível”. Uma vez que o átomo é divisível então não pode ser uma partícula, portanto, cometeu um erro conceitual ao descrever um mapa que foi feito corretamente. Quando questionado sobre o porquê dessa estruturação E8 mencionou ter consultado a internet, portanto trata-se apenas de uma reprodução.

O mapa conceitual apresentado pelo aluno E9, foi acompanhado da seguinte descrição: “As partículas elementares em dois subconjuntos os quarks e léptons e destes se tem outras partículas e delas se originam também os bósons, os neutrinos dos léptons” (E9).

Figura 24: Mapa conceitual do aluno E9.



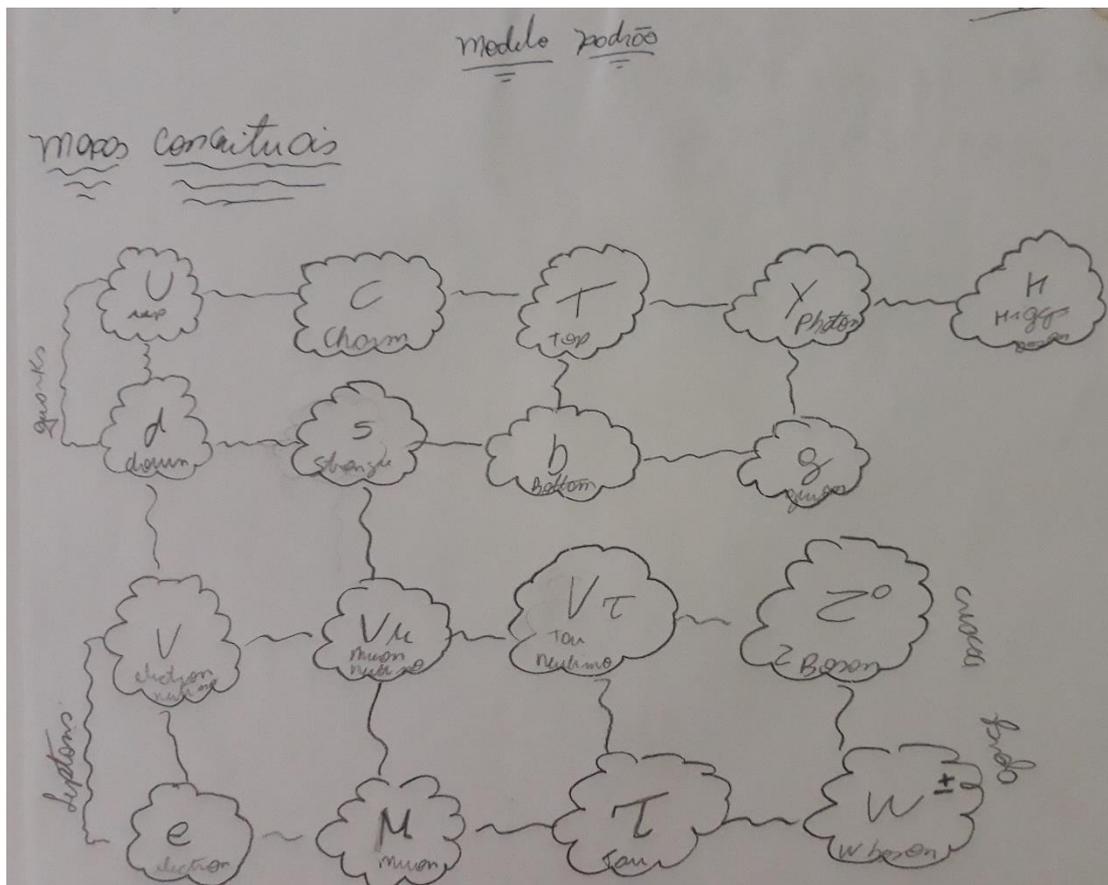
Fonte: Aluno E9

O mapa conceitual apresenta o conceito mais geral – Partículas Elementares e a seguir, posiciona os grupos dos Léptons e Quarks no mesmo nível de conceitos. A cada um dos grupos há a inclusão das partículas que os compõe, mantendo sua hierarquização. Aos Léptons foram associados seus neutrinos e aos Quarks seus seis representantes. Ao acrescentar em sua revisão o grupo dos Bósons E9 comete um erro tanto conceitual quanto de relação entre os conceitos. Ao ligá-los aos Léptons, seu posicionamento abaixo dos quarks e Léptons descaracteriza a hierarquização desse

conceitos. A descrição feita do mapa demonstra dúvidas conceituais incluindo problemas na compreensão do tema ao mencionar que os Bósons se originam dos Léptons.

O mapa conceitual feito pelo aluno E10, foi acompanhado da seguinte descrição: “O modo que eu entendi para fazer esse mapa foi essa melhor forma”(E10).

Figura 25: Mapa conceitual do aluno E10.



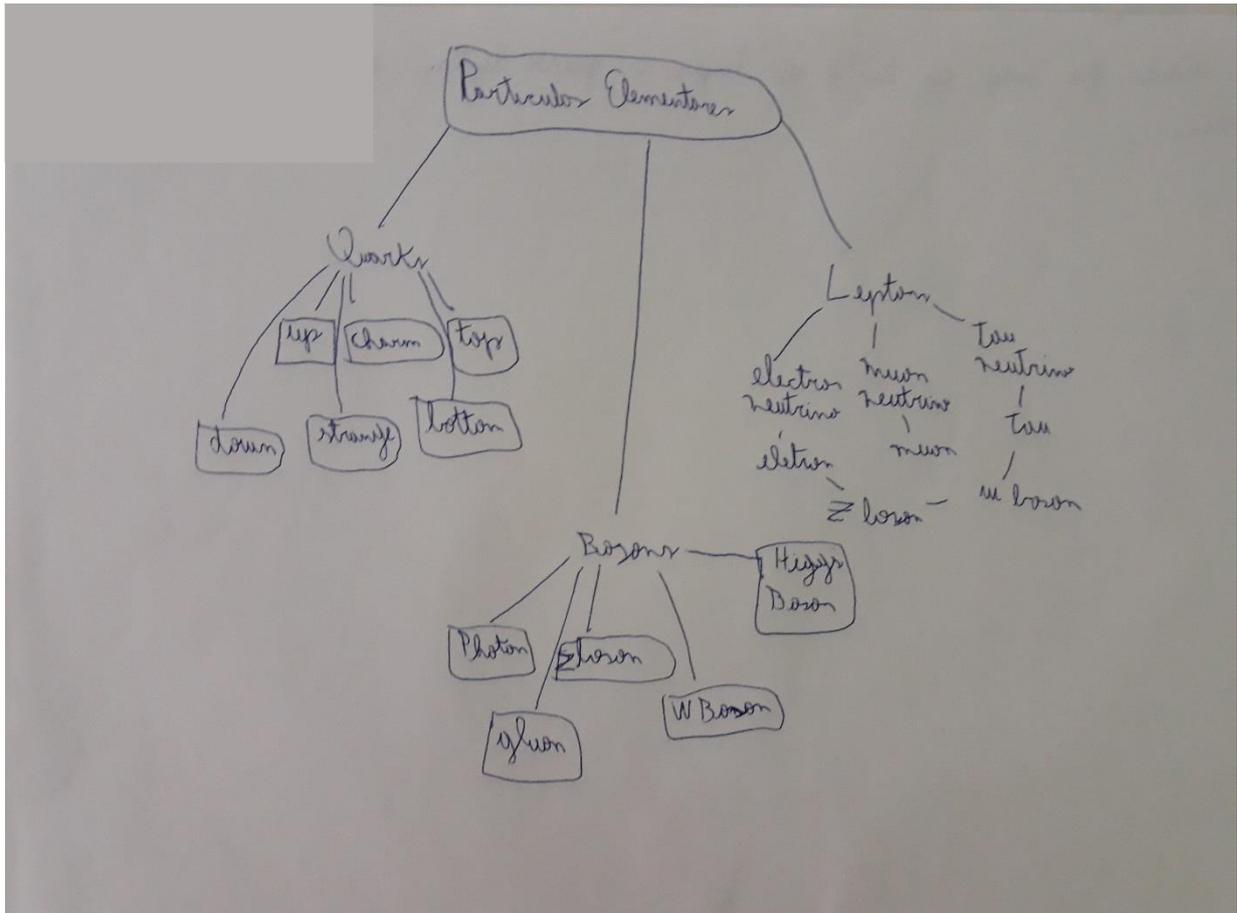
Fonte: Aluno E10

O mapa proposto por E10, por não apresentar uma ligação entre o conceito geral Modelo Padrão, fica confuso se realmente o aluno propôs como conceito unificador ou talvez somente como título. A disposição e organização dos dois grupos de partículas foi realizado na horizontal, sugerindo uma sequência inter-relacionada de conceitos. Porém, na continuidade dos quarks foi conectado os Bósons demonstrando uma ligação errônea, já que esses são grupos distintos que deveriam estar ligados ao mais geral. Contudo, ao olhar o mapa numa perspectiva de coluna, os Bósons seriam a coluna final, mas as linhas tornam equivocado ao ligar-se ao mesmo tempo aos Quarks e Léptons. Isso pode demonstrar dúvidas quanto a estruturação e organização dos

conceitos. A descrição não fica clara quanto a compreensão do tema e elaboração do mapa.

O mapa conceitual feito pelo aluno E11, foi acompanhado da seguinte descrição: “Eu entendi que um tem o seu lugar, o quark, léptons ou bósons, e por isso fiz assim” (E11).

Figura 26: Mapa conceitual do aluno E11



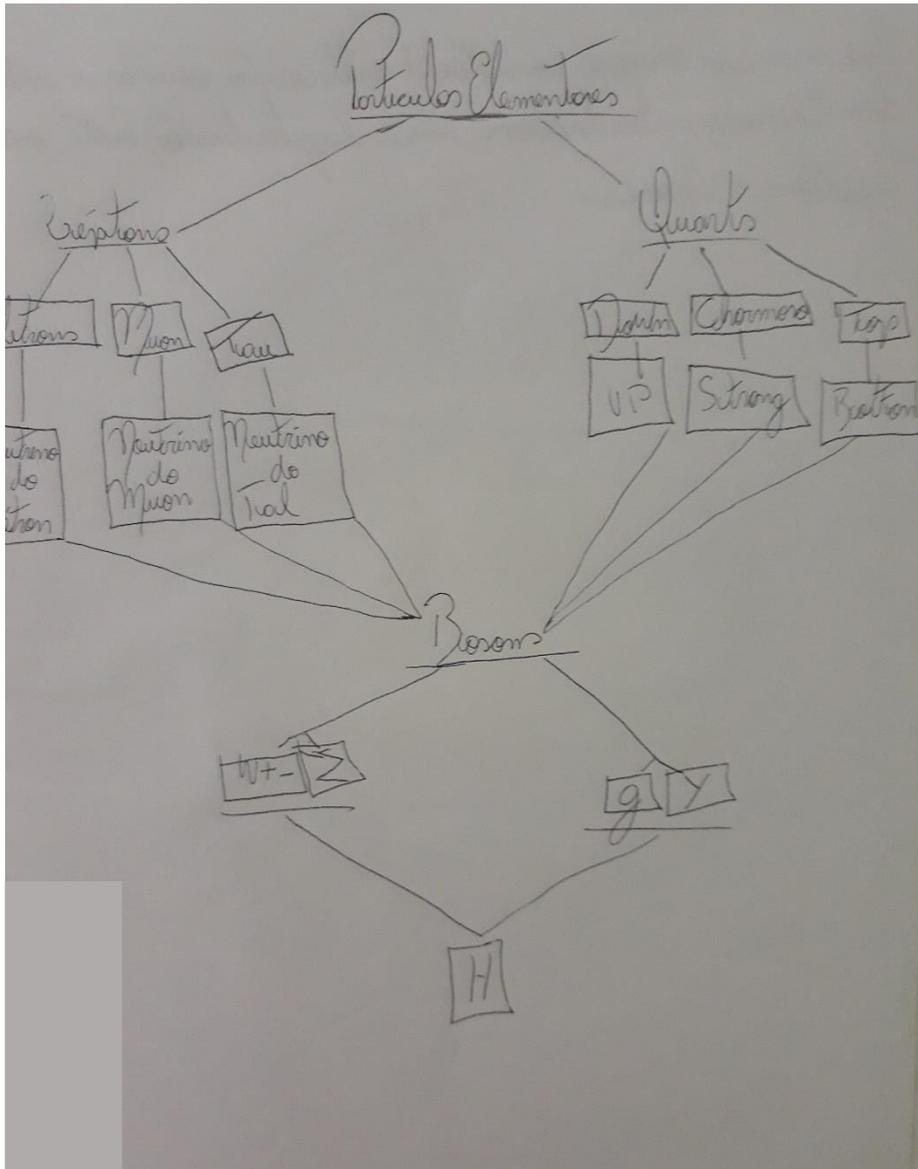
Fonte: aluno E11

O mapa conceitual apresenta como conceito unificador Partículas Elementares. Logo abaixo são dispostos três grupos de partículas, em que os Quarks e Léptons encontram-se no mesmo nível enquanto os Bósons em um nível abaixo de conceito, isto já sugere um problema na estrutura e hierarquização dos grupos pois estão no mesmo nível conceitual. Os seis quarks foram associados a seu grupo, assim como os neutrinos aos seus Léptons correspondentes, porém ao final do mesmo foi feita uma ligação quase que circular equivocada unindo a dois Bósons. Enquanto que na ramificação referente a esse grupo, um mesmo Bóson foi separado e outro não

colocado, de forma geral a estruturação e ausência de alguns conceitos demonstra dúvidas quanto ao tema estudado.

O mapa conceitual feito pelo aluno E12, foi acompanhado da seguinte descrição: “Ao meu ver o mapa conceitual está correto exceto a parte dos Bósons, eles deveriam estar ligados diretamente aos léptons e quarks” (E12).

Figura 27: Mapa conceitual do aluno E12.



Fonte: Aluno E12

O mapa conceitual elaborado por E12, apresenta como conceito geral Partículas Elementares. A disposição e organização na vertical dos Léptons e Quarks sugere uma hierarquização dos conceitos os relacionando entre si. Porém, na continuidade foram conectados aos Bósons demonstrando uma ligação equivocada

quanto ao nível conceitual que ocupam. Mas ao unir todas as ligações das partículas ao Bóson E12 pode demonstrar que em sua concepção todas as partículas remetem a esse grupo até chegar ao Bóson de Higgs responsável por atribuir massa a elas. Ao final, ao comparar a descrição com o próprio mapa apresenta um conflito de estruturação e conceitos, pois E12 relata que “*Bósons, eles deveriam estar ligados diretamente aos léptons e quarks*”, mas não foi isso que foi apresentado no mapa. Podendo ser justamente um problema na estruturação/organização ou uma dúvida referente ao conceito .

Ao final dessa síntese, podemos concluir que a elaboração de mapas conceituais é um processo a longo prazo. Os estudantes precisam de mais tempo para compreender sua função e utilizar essa ferramenta adequadamente, assim como demonstrar os indícios de aprendizagem e auto-avaliação. A potencialidade do uso dos mapas conceituais está na observação e na reorganização de suas ideias ao refazer ou rever o seu próprio mapa, assim esse instrumento propicia uma visão ampla da organização, interação e relação dos conceitos.

Ainda que esses mapas foram desenvolvidos em apenas duas aulas, os estudantes demonstraram interesse por sua elaboração, alguns esclareceram dúvidas quanto a estruturação, outros quanto a organização dos conceitos, uns até se preocuparam do mapa conceitual estar “certo” ou “errado” mesmo já instruindo no início dessa atividade que não existia o mapa errado, por se tratar justamente de uma representação pessoal. Infelizmente essa é uma visão muito constante no ensino, não se preocupa com a compreensão e sua auto-avaliação para reconsiderar onde o prejudicou. Alguns estudante mencionaram que visualizar um mapa de um determinado conteúdo por exemplo facilitaria a compreensão do mesmo ao ter uma visão geral, assim foi discutido que os mapas conceituais podem ser elaborados sobre qualquer tema que se tenha interesse não só na disciplina de física mas em qualquer outra que queiram se auto avaliarem.

5.7 Questionário Sobre A Unidade De Ensino Potencialmente Significativa

O objetivo dessas questões foi identificar a opinião do estudante acerca das atividades que foram desenvolvidas durante esse processo, adaptamos algumas questões do trabalho de Pinheiro (2011), levando em consideração o material que foi apresentado nessa Unidade de Ensino.

A última aula foi destinada a aplicação desse questionário de opinião composto por cinco questões que estão expressas no Quadro 7, respostas dos participantes ao questionário de opinião sobre a UEPS.

Quadro 17: Respostas dos participantes ao questionário de opinião sobre a UEPS.

Estudantes	Questões				
	1.O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?	2.Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?	3.Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadrinhos e vídeo)?	4.Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?	5.Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?
E1	Pude aprender mais sobre o mundo das partículas, conteúdos que nunca tinha ouvido falar.	Sim, agora percebo que a física está em tudo e que é muito legal você conhecer mais sobre esse mundo.	Os slides foram ótimos e bem resumidos. A história em quadrinhos foi bem legal e diferente. O vídeo muito explicativo e uma forma rápida de aprender. O jogo muito bacana, pois foge da realidade, eu mesma não achava que tinha jogo sobre partículas e foi bem legal mesmo.	Foi bem cansativo, porém foi bom para ajudar a entender mais e compreender o assunto.	Muito legal, além de aprender fazer o mapa fazemos o nosso próprio e foi legal compartilhar ideias em um mapa.
E2	Eu aprendi que as partículas elementares são as menores partículas existentes no universo e que os prótons e elétrons não são necessariamente partículas elementares. Foi interessante, pois aprendi conceitos que eu não conhecia ainda.	Sim, aprendi mais profundamente sobre as partículas elementares, inclusive sobre as famílias dos léptons, entendi sobre os quarks, bósons, entre outros.	Com os slides, aprendi os conceitos específicos. Com a história em quadrinhos, aprendi mais especificamente sobre os físicos como, por exemplo J.J. Thomson. Com os vídeos, aprendi sobre o funcionamento e como ocorre cada partícula no universo. Com o jogo, aprendi mais sobre as partículas e foi divertido.	Os questionários me ajudaram a compreender melhor o assunto. A linha do tempo me fez entender sobre os físicos. O texto me fez entender sobre os conceitos.	Os mapas conceituais são importantes para organizar os conceitos e os físicos.
E3	O conteúdo apresentado esclareceu algumas dúvidas e aprendi outras coisas, as quais eu	Sim, pois vimos outros conceitos que mudou o nosso conhecimento prévio sobre as partículas elementares, os	Achei interessante, pois tivemos formas diferenciadas de entendermos e praticarmos o assunto apresentado.	Com os materiais didáticos a professora apresentou de maneira objetiva e clara	Foi simples e mais prática de aprendermos.

	não tinha o conhecimento, como as partículas elementares presentes nos átomos entre outras.	modelos atômicos... Foram construídos através das diversas formas apresentadas em sala de aula.		sobre o modelo padrão das partículas elementares, consequentemente aprendi mais rápido.	
E4	Foi um conhecimento mais aprofundado sobre as partículas elementares. O que eu sabia antes era muito superficial, o que era ensinado nas salas de aula.	Me fez entender que a ciência muda a cada dia. O que os cientistas sabem hoje é muito mais aprofundado do que eles sabiam no século passado. Os conhecimentos científicos são construídos através de teorias e experimentos que tentam comprovar essas teorias.	Gostei, estava rico em imagens. O vídeo foi o que mais ajudou a entender o conteúdo.	Gostei, tirando o texto que estava longo, o resto foi legal de fazer, principalmente a linha do tempo	Muito importante e útil, pois eles são resumidos e seguem uma sequência de raciocínio, o que facilita o entendimento.
E5	Pude ampliar meu conhecimento de modo geral sobre partículas elementares e estudar especificamente sobre seus elementos.	Esses conhecimentos são construídos gradativamente, conforme a elevação de novas tecnologias.	As aulas de slides foram de extrema importância e conhecimento, conteúdo bem explicado. O uso de histórias em quadrinhos foi um meio dinâmico para ensinar o conteúdo. Vídeo possuía muita informação de importância. O jogo também foi uma maneira dinâmica de trazer o conteúdo.	Todas atividades foram feitas de maneira muito dinâmica para facilitar o entendimento dos estudantes.	O uso do mapa é importante para facilitar a organização das informações de um determinado conteúdo.
E6	Aumentei meu entendimento sobre partículas elementares de um átomo em modo geral, e também conhecimento sobre seus modelos atômicos da física.	Houve algumas mudanças, pois ao longo dos anos a física de partículas vem se atualizando e mudando seus conceitos.	As aulas de slides, história em quadrinhos e vídeo, foram boas, mas a aula que mais me entretiu e que mais me interessou foi o jogo.	Não respondeu	Foi um teste de conhecimento, para saber o que entendemos sobre a matéria das partículas elementares.
E7	O conhecimento dos modelos na Física e a descoberta de novas partículas, além de me fornecer novos conceitos físicos.	Sim, aprendi novas definições de palavras e meu conceito sobre ciência mudou bastante, que são constituídos com pesquisa e estudos ao longo do tempo com modelos padrões e experimentos.	São ótimas aulas, que de forma diferenciada nos ajudam a entender com imagens, sons e vídeos, conhecimentos da física e conceitos novos e antigos.	São bons ajudam a ter um melhor entendimento da física através de perguntas e estudos.	São mapas que de forma pessoal ajudam a física obter melhores conceitos para uma futura elaboração de projetos e experimentos, além de modelos padrões.
E8	Trouxe muitos conhecimentos sobre o assunto que eu ainda não conhecia.	Sim, os cientistas fazem diversos modelos e os estudam para chegar a um resultado exato.	Gostei muito pois foi divertido e facilitou na aprendizagem.	Ajudou na aprendizagem.	Facilita a entender o assunto.
E9	Aprendi sobre partículas que nunca haviam mencionado para mim.	Não, como é feito ainda acho o mesmo.	Top, muito bom, boa introdução, e métodos diferenciados para instruir.	O questionário me fez pensar como funciona sem entender sobre. O estudante achou que não tinha feito os questionários.	Como se fosse uma pirâmide, mostrando as ramificações, particularmente prefiro entender uma teoria dessa forma.

E10	Várias coisas em relação a isso, coisas que eu nem sabia e descobri.	Mudou bastante coisa e ao mesmo tempo bem confuso.	Bom eu gostei muito achei bem diferente as experiências aprendi muito com todos os slides me ajudou bastante. A história em quadrinhos também e o vídeo e o jogo foram muito bons deu uma ajudada boa.	Por mim teve vários pontos positivos aprendi bastante.	Essa parte eu não entendi muito bem, mas já fez desenha o mapa.
E11	Conhecimento sobre as partículas elementares.	A mudança foi nos modos de ver e estudá-los.	Os slides foi uma aula normal a apresentação, a história, os vídeos, o jogo, foram aulas bem diferentes e interessantes.	O questionário tudo normal, a linha do tempo foi interessante.	Diferenciado, ajuda a melhor entender.
E12	Pude perceber que o átomo é constituído por muito mais que elétron, próton e nêutron. É muito mais complexo do que pude imaginar, descobri e conheci praticamente um mundo que não conhecia.	Antes de conhecer eu achava que ciência era somente algo que provava de uma maneira lógica os acontecimentos, mas não é só isso, existem fatores envolvidos como os modelos que foram apresentados e de como são feitas as pesquisas.	Os slides é uma aula meio que padrão, porém tem eficácia. A história em quadrinhos é algo mais dinâmico e lúdico que faz o estudante ter um interesse maior despertado, assim como o vídeo. O jogo ao meu ver foi muito interessante porque é algo totalmente diferente realmente prende a atenção.	É algo dinâmico que organiza o pensamento e faz ver o quanto realmente você aprendeu.	É muito didático é uma forma de organizar o pensamento.

A análise referente ao questionário será apresentada por questão.

Questão 1: O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

A maioria dos estudantes relataram que aprenderam sobre um conteúdo que “nunca tinham ouvido falar”, ampliaram seu conhecimento de forma geral e esclareceram algumas dúvidas a respeito da estrutura da matéria.

E4 relata que “...foi um conhecimento mais aprofundado sobre as partículas elementares. O que eu sabia antes era muito superficial, o que era ensinado nas salas de aula”. Infelizmente em virtude de vários fatores que influenciam o ensino, em específico a rede pública, os alunos acabam, muitas vezes, tendo essa visão superficial daquilo que é ensinado. Como descrito, as vezes dependendo do nível de interesse do estudante, pode se tornar perceptível essa superficialidade com que os conteúdos são trabalhados em sala.

Vale destacar o comentário feito pelo estudante E12, “Pude perceber que o átomo é constituído por muito mais que elétron, próton e nêutron. É muito mais complexo do que pude imaginar, descobri e conheci praticamente um mundo que não conhecia”. Mesmo que, em algumas atividades os estudantes ainda apresentaram muitas

concepções espontâneas, diferindo das concepções e conceitos científicos apresentados, ainda assim mesmo que parcialmente desenvolveram o pensamento reflexivo acerca de novos conhecimentos e possibilidades daquilo que foi estudado ampliando parte do seu conhecimento.

Questão 2: Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

Com exceção do aluno E9, todos os alunos afirmaram ter tido mudança na concepção do que é ciência por meio da história da Física. O aluno E9, como exceção, relatou que *“Não, como é feito ainda acho o mesmo.”*, contudo sua justificativa parece um tanto confusa.

Algumas respostas merecem destaque como E1, *“Sim, agora percebo que a física está em tudo e que é muito legal você conhecer mais sobre esse mundo”* em sua opinião ficou claro que sua percepção sobre a aplicação da física foi modificada. E4 relatou que *“Me fez entender que a ciência muda a cada dia. O que os cientistas sabem hoje é muito mais aprofundado do que eles sabiam no século passado. Os conhecimentos científicos são construídos através de teorias e experimentos que tentam comprovar essas teorias”* ao se expressar percebemos que a concepção de uma “ciência inalterada”, mas sim de uma ciência que evolui constantemente usando teorias e experimentos. E12 menciona que antes de realizar esse estudo acreditava que *“...ciência era somente algo que provava de uma maneira lógica os acontecimentos, mas não é só isso, existem fatores envolvidos como os modelos que foram apresentados e de como são feitas as pesquisas”*. Por sua colocação E12 mostrou que lhe foi acrescentado o desenvolvimento das pesquisas.

Questão 3: Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadrinhos e vídeo)?

A HQ foi citada como algo que é mais dinâmico e lúdico e que faz o estudante ter um interesse maior pelo conteúdo. Também o vídeo foi citado como metodologia que motiva e desperta o interesse pelo conteúdo. Sobre o vídeo game – Sprace foi indicado que foi *“...muito interessante porque é algo totalmente diferente que prende a atenção”*.

Houveram também, colocações de forma geral como *“muito bom, boa introdução, e métodos diferenciados para instruir”*

Justamente para esclarecimento, em virtude de tais colocações muito positivas vale ressaltar que a professora-pesquisadora “não” bonificou com alguma forma de pontuação as atividades realizadas nessa pesquisa.

Questão 4: Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

O objetivo dessa questão foi saber a opinião dos estudantes em relação as atividades que foram desenvolvidas mais com o intuito avaliativo do tema que estava sendo trabalhado.

Destacamos algumas opiniões bem diferenciadas, como: atividades cansativas, mas ajudaram na compreensão e o questionário normal ajudou na compreensão do assunto. O aluno E5 salientou que “*Todas atividades foram feitas de maneira muito dinâmica para facilitar o entendimento dos estudantes*”, para E12 “*É algo dinâmico que organiza o pensamento e faz ver o quanto realmente você aprendeu*”. A dinamicidade das atividades foi mencionada algumas vezes, ou seja, provavelmente contribuiu para o desenvolvimento dessa unidade de ensino.

Para o estudante E3 os materiais utilizados foram considerados bons: “*Com os materiais didáticos a professora apresentou de maneira objetiva e clara sobre o modelo padrão das partículas elementares, conseqüentemente aprendi mais rápido*”

O estudante E6 não respondeu a essa questão.

Questão 5: Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

Todas as respostas analisadas apresentaram aspectos positivos quanto ao uso dos mapas conceituais, desde facilitar o entendimento, um teste de conhecimento, didático como forma de organizar o pensamento, preferência por entender uma teoria dessa forma, útil, são resumidos e seguem uma sequência de raciocínio, foi simples e mais prático de aprendermos.

De forma geral, apesar das mais diferentes opiniões a maioria gostou do tema e das atividades diferenciadas que foram propostas, identificando a diversificação das aulas e avaliações como positivas, pois são dinâmicas e proporcionaram o estudo de um novo conhecimento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Física Moderna e Contemporânea de forma geral apresenta várias temáticas que despertam o interesse dos estudantes, levando em consideração que cada vez mais estão presentes no nosso cotidiano. Portanto, é de fundamental importância que a escola acompanhe conceitualmente o desenvolvimento tecnológico que nossos estudantes aplicam em sua prática diária.

Pensando nas possibilidades de proporcionar ao estudante o conhecimento de um tema que não havia sido trabalhado anteriormente na escola, foi desenvolvido este trabalho com o objetivo de responder ao seguinte problema: Quais as possíveis contribuições de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, para o processo de aprendizagem significativa dos conceitos relacionados ao Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares?

A princípio para a solução do problema foram elaboradas hipóteses com propósitos diferenciados que estimulassem e contribuíssem para uma aprendizagem significativa, Hipótese 01 - O uso de novas tecnologias, simulações e jogos; Hipótese 02 – O uso de história em quadrinhos; Hipótese 03 – Experimentos; dentre as quais focamos na elaboração da hipótese 1 com o uso de tecnologias e hipótese 2 a HQ por despertar a atenção, estimular e tornar o conteúdo interessante aproximando dos estudantes.

Porém a hipótese experimental ainda é válida considerando que, experimentos permitem a dinamicidade na participação dos estudantes e o desenvolvimento de habilidades cognitivas como raciocínio lógico, elaboração de hipóteses práticas que favorecem a construção do conhecimento; fica como perspectiva para o desenvolvimento de novas metodologias aplicadas a sala de aula, a utilização de experimentos de Física Moderna com instrumentos de ensino aprendizagem.

A construção da UEPS utilizada nesta pesquisa, fundamentou-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, levando em consideração que a assimilação é um processo que ocorre, por meio da interação dos novos conceitos com a estrutura cognitiva do estudante e que no decorrer do processo da aprendizagem significativa essa interação provoca não só a assimilação de um novo conceito, mas também possibilita a modificação do subsunçor.

Para verificar uma possível resposta ao problema de pesquisa, foi desenvolvida e aplicada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares que estimulou e contribuiu para o processo de ensino-aprendizagem, conforme mencionado na análise dos resultados.

Podemos destacar, como recurso metodológico para o ensino deste conteúdo, a história em quadrinhos utilizada como organizador prévio, uma vez que parte dos estudantes apresentavam a ausência de alguns subsunçores, como, os principais modelos atômicos e seus princípios, subsunçores estes necessários para o processo de assimilação e encadeamento da aprendizagem significativa que pretendíamos.

Por meio dos relatos dos estudantes, obtidos por meio do questionário de opinião sobre a Unidade de Ensino, notamos que a função da instrução por meio de instrumentos e atividades dinâmicas, como o próprio organizador prévio História em Quadrinhos, contribuiu significativamente para o ensino do tema Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Alguns estudantes relataram inclusive que mudaram sua concepção, visão de Ciência e desenvolvimento de pesquisas. A validação e o diagnóstico daquilo que os estudantes assimilaram e acomodaram em sua estrutura cognitiva, ocorreu por meio das atividades avaliativas desenvolvidas nesse trabalho e demonstradas nos resultados.

Mesmo em meio a tantos desafios no ensino, acreditamos que metodologias dinâmicas que envolvam os estudantes a superar o papel de expectadores numa escola comportamentalista para participantes e construtores do seu conhecimento, são capazes de motivá-los a uma participação de fato efetiva para uma aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M. C. B. Sobre o discreto charme das partículas elementares. **Física na escola**, v. 6, n. 1, p. 38-44, 2005.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Tradução Lígia Teopisto. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2003. 242p.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Tradução Eva Nick, Heliana de Barros Conde Rodrigues, Luciana Peotta, Maria Ângela Fontes e Maria da Glória Rocha Maron. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625p.
- ALVES, M. F. S.; COSTA, L. G. **Proposta de aplicação de Física de partículas elementares para o Ensino Médio**: um jogo sobre o modelo padrão. II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Paraná. 2010.
- BALTHAZAR, W. F.; OLIVEIRA, A. L. D. **Partículas elementares no ensino médio**: Uma abordagem a partir do LHC. Rio de Janeiro: Livraria da Física, 2010.
- BAKALARCZYK, J. **Proposta didática investigativa para desenvolver o tema de física de partículas e interações fundamentais**. 130 f. Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS Instituição de Ensino: Universidade Federal De Santa Catarina, 2017.
- BANHEZA, T. G. **Física De Partículas no Ensino Médio**. 2014. 112 f. TCC (Graduação) - Curso de Física Licenciatura, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2014.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BRAGA, F. L. P. **Aventuras em Quantópolis: elaboração e utilização de livro paradidático para abordagem conceitual do modelo padrão de física de partículas em turmas do ensino médio**. 116 f. Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS Instituição de Ensino: Universidade Federal Rural do Semiárido, São Paulo, 2018.
- BRASIL. Secretaria De Educação Fundamental. 1997. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, MEC/SEF.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p.363-381, 2004.
- CALHEIROS, L. B. **Inserção tópicos de física de partículas de forma integrada aos conteúdos tradicionalmente abordados no ensino médio**. 2014. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

CASTILHO, L. C. de O. **Ensino de partículas no Ensino Médio**. 113 f. Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS Instituição de Ensino: Universidade Federal Fluminense, São Paulo, 2018.

CARDOSO, S. O. de O. **Ensinando o efeito fotoelétrico por meio de simulações computacionais**: Elaboração de roteiro de aula de acordo com Teoria da Aprendizagem Significativa. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

COSTA, M. da. **Uma abordagem histórico-didática com auxílio de multimídias para o ensino de Partículas Elementares no ensino médio**. 2015. 210 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

FERNANDES, S. S.; SANTOS, A. G. D. **Escola de física do CERN: como levá-la à sala de aula para ajudar os estudantes a entender física de partículas?** XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física. Guayaquil - Ecuador: [s.n.]. 2013.

FREITAS, B. F. de S. **Análise de um plano de ensino sobre física de partículas no ensino médio**. 170 f. Mestrado em Ensino De Ciências (Modalidades Física, Química e Biologia) Instituição de Ensino: Universidade De São Paulo, São Paulo, 2017.

GOMES, R. R. **O modelo padrão no ensino médio: um tratamento elementar**. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional Ensino de Física, Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

JERZEWSKI, V. B. **Partículas elementares e interações: uma proposta de mergulho no ensino e aprendizagem através de uma sequência didática interativa**. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional Ensino de Física, Instituto de Matemática, Estatística e Física, Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 2015.

JUNIOR, O. P. S. **O mirabolante mundo das partículas elementares: uma sequência didática para professores de física**. 2015. 86 f. Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS Instituição de Ensino: Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2015.

KESSLER, S. L. **O ensino da física moderna no ensino médio: Necessidades e Dificuldades no Oeste Catarinense**. 2008. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática, Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

LAJOLO, M. **LIVRO DIDÁTICO: um (quase) manual de usuário. Em Aberto**, Brasília, v. 16, n. 69, p.3-9, 1996.

LINO, A.; FUSINATO, P. A. A influência do conhecimento prévio no ensino de Física Moderna e Contemporânea: um relato de mudança conceitual como processo de

aprendizagem significativ. **Revista brasileira de ensino de ciência e tecnologia**, v. 4, n. 3, p. 73-100, setembro 2011.

LOBATO,T; GRECA, M. I. Análise da inserção de conteúdos de Teoria Quântica nos currículos de Física do Ensino Médio. **Revista Ciência e Educação**, v.11, n.1, 2005.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU. 1986.

LUDOVICO, M. M. **Proposta de um jogo didático para a abordagem do tema física de partículas com alunos do ensino médio**. 105 f. Mestrado Profissional em Ensino de Física Instituição de Ensino: Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

MAIA, M. C. **Uma Abordagem Do Modelo Padrão Da Física De Partículas Acessível A Alunos Do Ensino Médio**. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional no Ensino de Ciências e Matemática, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

MINAYO, M. C. de S.; GUERRIERO, Iara Coelho Zito. Reflexividade como éthos da pesquisa qualitativa. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 19, p.1103-1112, 2014.

MOREIRA, M. A. Um mapa conceitual sobre partículas elementares. **Revista brasileira de ensino de Física**, v. 11, p. 114-129, dezembro 1989.

MOREIRA, M. A. Investigación em educación em ciencias: metodos cualitativos. **Actas del Programa Internacional de Doctorado em Enseñanza de las Ciencias**, 4: 25-53. 2002.

MOREIRA, M. A. Partículas e interações. **Física na escola**, v. 5, n. 2, p. 10-14, 2004.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. A física dos quarks e a epistemologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 161-173, 2007.

MOREIRA, M. A.; VEIT, E. A. **Ensino Superior: bases teóricas a metodológicas**. São Paulo: Editora, 2010.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas e unidades de ensino potencialmente significativas. Material de apoio para o curso Aprendizagem Significativa no Ensino Superior: Teorias e Estratégias Facilitadoras. Curitiba: PUCPR, 2013.

MOURA, S. R. **Da World Wide Web às partículas elementares: Uma sequência didática baseada no método DBR-TLS com vistas à alfabetização científico-tecnológica**. 184 f. Mestrado Profissional em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas Instituição de Ensino: Universidade Federal Do Pará, Belém, 2016.

NOVAES, F. P. de. **Construção de um website sobre a física de partículas**. 64 f. Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS Instituição de Ensino: Universidade Federal Do Abc, São Paulo, 2017.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Maiadouro, 1995.

OSTERMANN, F. Um Texto para Professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares. **Revista brasileira de ensino de física**, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 415-436, setembro 1999.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. D. H. Um pôster para ensinar física de partículas na escola. **Física na escola**, v. 2, n. 1, p. 13-18, 2001.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". **Investigações em ensino de ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PEDROSO, L. S. **O ENSINO DE CONCEITOS DE ELETROMAGNETISMO: simulações interativas em Easy Java Simulations**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

PEREIRA, J. M. **Física de partículas elementares: a produção de sentidos por alunos e alunas do ensino médio mediante a leitura de textos**. 2013. 19 f. TCC (Graduação) - Curso de Física Licenciatura, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas/mg, 2013.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em ensino de ciências**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 393-420, 2009.

PINHEIRO, L. A. **Partículas elementares e suas interações fundamentais no ensino médio**. 2011. 313 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

RE, R. L. de. **Física de Partículas na Escola: um Jogo Educacional**. 203 f. Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS Instituição de Ensino: Universidade Federal De Santa Catarina, São Paulo, 2016.

RODRIGUES, K. B. **O evento científico como uma ferramenta colaborativa no processo de transposição didática para o tema física de partículas elementares**. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.

ROSA, P. R. D. S. **Instrumentação para o ensino de ciências**. Campo Grande: Editora UFMS, 2010.

RUIZ-MORENO, L. et al. Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 13, n. 3, p. 453–463, 2007

SANTOS, A. G. D.; FERNANDES, S. S. **Física de Partículas no Ensino Médio: propostas didáticas com abordagens diversas**. XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física. Guayaquil: [s.n.]. 2013.

SILVA, J. R. N. D.; ARENGHI, L. E. B.; LINO, A. Porque inserir física moderna e contemporânea no ensino médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **Revista brasileira de ensino de ciência e tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 69-83, janeiro 2013.

SILVA NETO, J. L. da. **Partículas elementares no ensino médio**. 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, Y. A. dos R. **Aceleradores e detectores de partículas no ensino médio: Uma sequência de ensino de ensino-aprendizagem**. 216 f. Mestrado em Educação em Ciências Instituição de Ensino: Universidade Estadual De Santa Cruz, Ilhéus, 2017.

SILVA, J. L. da. **Física de Partículas: Possibilidades para o Ensino Médio**. f. Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS Instituição de Ensino: Universidade Regional Do Cariri, 2017.

SOUSA, W. F. de. **Inserção de conceitos de física de partículas elementares no ensino médio por meio de um material paradidático**. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física Programa de Pós-graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SOUSA, M. L. K. D. O. **Masterclasses ufabc/cern/lhc: uma releitura freireana da proposta sobre física de partículas**. Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS Instituição de Ensino: Universidade Federal Do Abc, São Paulo, 2016.

SOUZA, A. D. S. G. de. **Um novo exercício de International Masterclass para ensinar física de partículas**. 96 f. Mestrado Profissional em Ensino de Física - PROFIS Instituição de Ensino: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Apêndice A

Planos de aula



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

PLANO DE AULA 1

I – Identificação

Disciplina: Física

Ano Letivo: **2017**

Série: **3ª**.

Carga Horária: 1 hora/aula

Data: ____/____/ 2017.

Curso: **Ensino Médio**

Escola: E. E. Dona Consuelo Muller

Professor(a): Talita Gonçalves Banheza

II – Conteúdo

Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares

III – Objetivos

1. Levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema;
2. Identificar os conceitos sobre o átomo, sua estrutura e principais modelos atômicos.

IV - Procedimentos metodológicos

A aula será expositiva e a Teoria de ensino utilizada será “Aprendizagem Significativa” de David Ausubel.

A aula será expositiva e dialogada para que os estudantes aos poucos possam levantar questões e dúvidas a serem discutidas.

Introdução: (~10 minutos): O objetivo da aula é a apresentação do tema do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares e esclarecer os estudantes que os resultados das avaliações e das observações realizadas durante as aulas serão utilizados em uma pesquisa de mestrado.

Iniciaremos com a apresentação do cronograma das aulas:

Aula	Atividade
1ª	Apresentação do cronograma
	Aplicação da sondagem
	Apresentação de slides - Modelos científicos
2ª	Discussão da importância de modelos na ciência
	Questionário – Modelos em Ciência
	Uma viagem ao mundo das partículas - História em Quadrinhos
3ª	Leitura e discussão
	Linha do Tempo – Modelo Atômico
	Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares
4ª	Apresentação do Filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”
	Questionário - Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares

- | | |
|----------------|---|
| 5 ^a | Modelo padrão da Física de Partículas Elementares
Apresentação de slides – O que é elementar |
| 6 ^a | Apresentação do Vídeo Game Sprace
Aplicação do vídeo game |
| 7 ^a | Mapa Conceitual
Elaboração de mapa conceitual pelos estudantes |
| 8 ^a | Aplicação do questionário sobre a Unidade de Ensino |

Desenvolvimento (~ 30 minutos):

Para identificar os conhecimentos prévios sobre o *Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares* foi elaborado uma sondagem do conhecimento, que consiste num instrumento que indica a presença dos subsunçores necessários para melhor assimilação dos conceitos que serão abordados no decorrer das aulas. Verifica conceitos básicos e investiga concepções acerca do tema. Dessa forma o professor tem como ponto de partida aquilo que já é sabido pelo estudante.

A sondagem possui dez questões de múltipla escolha, com cinco alternativas; uma resposta correta, três erradas e uma não sei; e uma questão discursiva. Nesse momento será distribuído a sondagem para cada estudante realiza-lo.

Conclusão (~ 5 minutos):

Ao final os estudantes devem perceber a importância da identificação de seus conhecimentos prévios sobre o tema.

IX – Avaliação.

A avaliação ocorrerá por meio da sondagem, que será entregue a cada estudante, verificando o conhecimento prévio referente ao tema Modelo Padrão da Física de Partículas.

X – Recursos

Professor, quadro, canetão, apagador, material impresso.

XI – Bibliografia

PINHEIRO, Lisiane Araújo. **Partículas Elementares e suas Interações Fundamentais no Ensino Médio**. 2011. 313 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

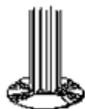
Sondagem: Modelo Padrão de Física de Partículas Elementares
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em Ensino de Física

Nome: _____ Turma: _____ Data: _____

Prezado Estudante,

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

- | | |
|---|---|
| <p>1. O que é um átomo?</p> <p>a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.</p> <p>b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.</p> <p>c) Uma partícula básica da matéria.</p> <p>d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>2. O que constitui os átomos?</p> <p>a) Prótons, elétrons e nêutrons.</p> <p>b) Léptons e quarks.</p> <p>c) Partículas alfa e beta.</p> <p>d) Partículas positivas e negativas.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>3. O que são prótons?</p> <p>a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.</p> <p>b) Partículas elementares porque são indivisíveis.</p> <p>c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.</p> <p>d) Partículas constituídas por quarks.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>4. O que são elétrons?</p> <p>a) Partículas elementares porque são indivisíveis.</p> <p>b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica -e.</p> <p>c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.</p> <p>d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>5. O que são nêutrons?</p> <p>a) Partículas elementares porque são indivisíveis.</p> <p>b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.</p> <p>c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma massa do próton.</p> <p>d) Partículas constituídas por quarks.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>6. O que é uma partícula elementar?</p> <p>a) O mesmo que um átomo.</p> <p>b) Um conjunto de prótons.</p> <p>c) A menor porção de matéria conhecida.</p> <p>d) Um conjunto de elétrons.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>7. O que é um modelo atômico?</p> <p>a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.</p> | <p>b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.</p> <p>c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.</p> <p>d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>8. Como um modelo atômico é construído?</p> <p>a) Por meio da imaginação dos cientistas.</p> <p>b) Por meio de observações da natureza.</p> <p>c) Por meio de observações experimentais.</p> <p>d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>9. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?</p> <p>a) Rutherford.</p> <p>b) Thomson.</p> <p>c) Bohr.</p> <p>d) Quântico.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>10. Como são detectadas as partículas elementares?</p> <p>a) Usando um microscópio.</p> <p>b) Por meio de sua observação direta na Natureza.</p> <p>c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.</p> <p>d) Com o uso de telescópios especiais.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>11. Descreva livremente, com palavras ou ilustrações, como você acredita que a matéria é constituída.</p> |
|---|---|



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

PLANO DE AULA 2

I – Identificação

Disciplina: Física

Ano Letivo: **2017**

Série: **3ª**.

Carga Horária: 1 hora/aula

Data: ____/____/ 2017.

Curso: **Ensino Médio**

Escola: E. E. Dona Consuelo Muller

Professor(a): Talita Gonçalves Banheza

II – Conteúdo

Modelos Científicos

III – Objetivos

1. Definir o conceito de modelo científico

IV - Procedimentos metodológicos

A aula será expositiva e a Teoria de ensino utilizada será “Aprendizagem Significativa” de David Ausubel.

A aula será expositiva e dialogada para que os estudantes aos poucos possam levantar questões e dúvidas a serem discutidas.

Introdução: (~5 minutos): O objetivo da aula é por meio de uma apresentação eletrônica, explanar o conceito de modelo científico.

Desenvolvimento (~ 30 minutos): Iniciaremos a aula com o questionamento a seguir:

Questão: Qual o significado da palavra modelo?

Após uma breve discussão, as sugestões dos estudantes serão anotadas no quadro.

Prosseguiremos de acordo com a sequência da apresentação “Modelos Científicos”, que exemplifica a diferença entre,

- ✓ Modelo em Escala;
- ✓ Modelo Analógico;
- ✓ Modelo Matemático;
- ✓ Modelo Teórico.

Conclusão (~ 5 minutos):

Ao final os estudantes devem perceber a importância de definir o conceito de modelo a partir do conhecimento científico e diferenciá-lo do senso comum.

IX – Avaliação.

A avaliação ocorrerá por meio da leitura do texto, “Os Modelos no Cotidiano e na Física”, e resolução do questionário, que será entregue a cada estudante.

XI – BIBLIOGRAFIA

PINHEIRO, Lisiane Araújo. **Partículas Elementares e suas Interações Fundamentais no Ensino Médio**. 2011. 313 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CHARBEL NIÑO EL-HANI. Universidade Federal da Bahia. **Modelos em Ciência**. 2010. Disponível: < https://www.youtube.com/watch?v=ukey4_-P9Rg >. Acesso em: 12 abr. 2017.

CHARBEL NIÑO EL-HANI. Universidade Federal da Bahia. **Modelos em Ciência**. 2010. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=a99ypns65ol>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

SÃO PAULO. NÚCLEO DE PESQUISAS E INOVAÇÕES CURRICULARES. **Curso de Física Moderna para o Ensino Médio**. Disponível: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/material-curso-de-linhas-espectrais>>. Acesso em: 26 maio. 2017.

Modelos em Ciência

Profa. Talita Gonçalves Banheza
Escola: E. E. Dona Consuelo Muller

Adaptado palestra ocorrida no Projeto Novos e Velhos Saberes, Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia - Prof. Charbel Niño El-Hani - Novembro de 2010.

Modelo  {

- termo polissêmico
- vários significados



Tipologia de modelos segundo Black

Livro "Modelos e metáforas" {

- Modelos em escala
- Modelos analógicos
- Modelos matemáticos
- Modelos teóricos

Profa. Talita Gonçalves Banheza

Modelos em Escala

- Descrição de um objeto material, relação qualitativa com a realidade



Profa. Talita Gonçalves Banheza

Modelo Analógico

- Descrição de um objeto icônico *representa ou reproduz com exatidão e fidelidade;*

- Captura relações abstratas de forma e estrutura



- Vantagem: poder de representação
- Desvantagem: por ser abstrato tem maior risco de erro

Analogia de uma pesquisa realizada em camundongos aplicadas a seres humanos

Profa. Talita Gonçalves Banheza

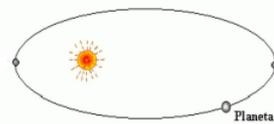
Modelos Matemáticos

- Objetos abstratos
- Descreve o Comportamento dos sistemas originais, não mecanismos
- Construção do modelo por meio de variáveis relevantes
- Teoria possibilitará a escolha das variáveis relevantes e irrelevantes

Profa. Talita Gonçalves Barbeza

Modelos Matemáticos

- Modelos são construídos dentro de Teorias
- Modelos simples – ponto de partida
- Resolução de equações
- Validação do modelo



Modelo Planetário

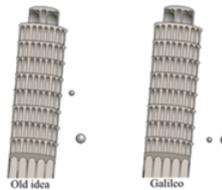
Profa. Talita Gonçalves Barbeza

Modelos Teóricos

- Modelos teóricos são objetos abstratos

- Representações

- ✓ Abstratas do real: separação do relevante e irrelevante
- ✓ idealizadas do real: escolha do relevante para compreensão do modelo



Queda livre: desconsiderar a resistência do ar

- Busca de explicações causais

Profa. Talita Gonçalves Barbeza

Modelos Teóricos

- Nenhum modelo pode maximizar as três características

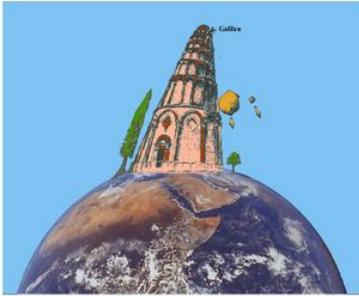
- ✓ Generalidade
- ✓ Realismo
- ✓ Precisão

Para uma questão de pesquisa o que devo perder ou ganhar?

- Demandas dos modelos

- ✓ A generalidade possibilita a dinâmica de acomodação do sistema do modelo
- ✓ Explicação
- ✓ Previsão

Profa. Talita Gonçalves Barbeza



Segundo Copérnico se a Terra se move, ao subir na torre e lançar uma pedra ela descreveria uma parábola e não cairia em linha reta

- A torre se moveu junto com a pedra;
- Imagine se estivesse na Lua, já que na Terra compartilhamos do mesmo movimento da pedra, torre e Terra;

"Não é olhando o que você viu q iremos explicar o mundo.... Desconfie dos sentidos."

Profa. Talita Gonçalves Barbeza

- *Modelos permitem compreendermos profundamente como funcionam os sistemas naturais, para além das aparências que afetam nossos sentidos...*

- *Ciência se faz com a razão..*
...Não é com dados e sim conhecimento teórico.
 - *Dados dialogam com conhecimento teórico*

Profa. Talita Gonçalves Barbeza

O QUE SÃO MODELOS?

Será que existe algo em comum entre a Gisele Bündchen, um aviãozinho de brinquedo da 2ª Guerra Mundial e a Física?

A intenção deste texto é mostrar que sim. O que une três coisas tão diferentes é a ideia de modelo.

Certamente você já ouviu diversas vezes esta palavra, porém vamos analisá-la um pouco mais. Antes, pare um pouco e responda: O que você imagina ao ouvir a palavra modelo?

Ah, e você sempre imagina a mesma coisa, independentemente de onde esta palavra está sendo usada?

Como você já deve ter notado, ela parece ter mais de um sentido. Então, vamos ver alguns dos significados que essa palavra tem e, assim, responder à pergunta inicial.

A palavra “modelo” sempre aparece com vários significados, indo desde um objeto que se copia em escultura ou pintura, ou a representação, em um tamanho pequeno, daquilo que se quer executar em tamanho maior, passando pela ideia de um comportamento ideal (sempre querem que todos sejam estudantes-modelo...) chegando até mesmo à moda, com “suas” modelos desfilando nas passarelas. Assim, esta palavra sempre traz aspectos diferentes da realidade, todos criados pelo homem.

Começemos pelo mais legal; as modelos (ou os modelos), óbvio. Quase sempre é a primeira coisa que “vemos” em nossa mente ao ouvir a palavra “modelo”, independente do ambiente em que estejamos. Ao vermos um desfile de modas, seja na TV ou ao vivo, podemos sentir duas coisas completamente opostas. Inicialmente ficasse babando pelas moças (ou moços) lindas que desfilam. Depois de um tempo, esta “admiração” passa. Isso acontece justamente porque quando prestamos um pouco mais de atenção percebemos que as modelos nem se parecem muito com as mulheres (ou homens) normais que vemos diariamente. Os rostos são maravilhosos, mas os corpos... Além de extremamente magras, fica claro que são artificiais, já que uma “mulher normal” nunca teria tantas costelas à mostra.

Com isso, podemos dizer, então, que se trata da construção de um padrão de beleza, de uma idealização da mulher (ou homem) perfeita. Ou seja, as modelos são objetos construídos pelo homem.

Assim, as modelos têm a pretensão de representar um pedaço da realidade, as mulheres. Logo, construir qualquer tipo de modelo é tentar se aproximar do mundo real. Alguns têm mais sucesso que outros, uns se aproximam mais ou menos do que se deseja representar e, assim, seguimos construindo padrões.

Você já viu ou brincou com algum Kit Revell? São pequenos kits para montar, feitos de plástico, de aviões, navios, automóveis ou motocicletas. Existem pequenos aviões da 2ª Guerra Mundial que são fantásticos. Qualquer um fica fascinado com a riqueza de detalhes de que são feitos. O mais legal é que você mesmo monta o avião e depois tem que pintá-lo. Assim, é importante saber a cor original, as insígnias dos esquadrões, suas numerações e por aí vai. Com isso, entra-se em uma realidade que não é mais a nossa. Tomamos contato com algo distante, de outra cultura e de outro tempo.

O aeromodelo é a representação de algo real, ou seja, não é um avião, mas o representa bem, chega perto do que vem a ser um, pelo menos na aparência. Existem aeromodelos (e modelos) mais sofisticados que outros. Você mesmo pode melhorar o seu fazendo, por exemplo, as marcas que os pilotos colocavam ao lado das janelas representando o número de aviões inimigos abatidos. Alguns são mais modernos, feitos com um material diferente, e alguns, os inacessíveis de tão caros, voam de verdade, por controle remoto.

Assim, tanto as modelos das passarelas, bem como estes aviões, são uma tentativa humana de fazer uma tradução de algo que vive escondido em nossas ideias, em outras culturas, outros tempos e na própria natureza.

Construir modelos seria então dar realidade (dar “vida”) a algo que só existe, supostamente, em nossa mente. Um modelo, então, pode ser a representação de uma série de coisas. Desde uma ideia (a mulher perfeita), de um objeto (avião) ou de um processo (fases da Lua, estações do ano, etc.).

Bem, e onde a Física entra nessa história toda? Isso é o que veremos agora.

Os Modelos na Ciência

Vimos que os modelos podem representar desde uma ideia individual até objetos, como brinquedos ou peças de museus. Você já viu um planetário? Pois é, são modelos de planetas, criados a partir de teorias feitas por físicos.

Assim, a ciência também faz uso da modelagem. Um cientista cria modelos para representar uma parte da realidade que ele investiga. Por exemplo, todos sabem que o homem já foi à Lua, na década de 60. Mas, foi somente há alguns anos que uma sonda, não tripulada, foi enviada à Marte. Porém, os cientistas “conhecem” o Planeta Vermelho há séculos!! Ninguém nunca foi lá, boas fotos de satélites existem apenas há uns 10 anos, como então os cientistas podem saber sobre o clima, tipo de solo, período da órbita, atmosfera, e outras coisas desse tipo? Simples, através dos modelos que criam.

Agora, preste muita atenção no que talvez seja a parte mais importante deste texto. Um cientista para construir seus modelos não precisa utilizar somente materiais sólidos como plásticos, isopor ou madeira. Ele faz uso principalmente de conceitos e relações. São a matéria-prima da ciência. São “materiais” intelectuais, construídos pela imaginação e pela razão. Muitas vezes, estes conceitos são parecidos com coisas visíveis como, por exemplo, o conceito de partícula. É quase imediato “vermos” uma bolinha ao lermos a palavra partícula, não é mesmo?

Porém, na maioria dos casos não se pode mais fazer uso da visão para construir modelos. Um átomo, por exemplo. Você deve ter aprendido que ele tem um núcleo constituído de prótons e nêutrons e fica rodeado de elétrons. Algum cientista “viu” isso? Com os olhos não, pois isso é impossível. Nem mesmo utilizando o mais potente dos microscópios! Eles o “veem” através dos modelos que constroem. Comparando-os com as experiências que realizam eles são capazes de criar uma “imagem” do átomo, indo muito além do que os nossos sentidos nos revelam. Imagem não

apenas no sentido de forma, como um retrato do átomo. Mas, principalmente, os modelos permitem identificar propriedades, características e comportamento destes átomos. Os modelos atômicos são, então, construídos sem a ajuda da visão.

Para isso, o cientista utiliza uma ferramenta intelectual ainda mais poderosa: a matemática. Ela passa a ser, então, o constituinte destes modelos. Logo ela, que parece que não serve para nada... engana-se, e muito, quem pensa assim.

Desta forma, a única maneira que o físico tem de acessar a realidade é justamente através dos modelos que ele cria. Para cada teoria tem-se um modelo mais competente, mais de acordo com o que se pretende explicar. Da mesma forma, na moda, as modelos magrelas, quase pele e osso, parecem representar melhor o universo feminino da alta-costura hoje em dia. Mas nem sempre foi assim. As gordinhas já foram também consideradas padrão de beleza de outra época, que por sinal deveria ser bem mais feliz para as mulheres. Vemos então, que há uma dinâmica na construção e manutenção destes modelos. Assim, alguns são modificados, outros são abandonados e surgem alguns mais novos, mais sofisticados, seja na física, no mundo da moda ou no aeromodelismo, mas cada dinâmica com suas regras.

No mundo da moda estas regras são arbitrárias, ditadas pelo gosto de alguns. A saia curta que no ano passado foi um sucesso, e todas as mulheres usavam, este ano será dita “fora de moda” e, assim, ficará esquecida no canto do guarda-roupas até que volte a fazer sucesso um outro ano qualquer. Porém, as regras são bem rígidas no mundo da ciência. Não é questão de gosto um modelo científico “fazer mais sucesso” que outro.

Hoje, qualquer estudante sabe que a Terra gira ao redor do Sol. Porém, durante mais de dois mil anos era considerado o oposto. A Terra não deixou de ser o centro do sistema solar porque saiu de moda para dar lugar ao Sol. Acontece que o modelo Geocêntrico, nome difícil para dizer que a Terra (Geo) era o centro (cêntrico), não era capaz de explicar uma série de fenômenos, como a órbita de alguns planetas. Assim, ele acabou sendo superado por outro modelo: o Heliocêntrico. O Sol (Hélio) era agora o centro. Esse novo modelo dava conta de explicar de uma maneira bem melhor estes fenômenos, bem como prever uma série de outros que, mais tarde, foram verificados.

Isso mostra que todo modelo científico proposto é testado incansavelmente, inúmeras vezes. Todas as informações que ele fornece são confrontadas com dados obtidos experimentalmente. E basta apenas um destes dados não bater para que o modelo seja colocado em xeque. É um mundo bem mais agressivo que o mundo das passarelas, pode ter certeza disso.

Para terminar, vamos falar um pouco sobre a Gisele Bündchen. Todo seu sucesso é por que ela é, atualmente, o modelo de mulher perfeita. Ela não é extremamente magra como a maioria das outras modelos (basta ver suas curvas), ficando mais próxima da mulher real. Porém, ela se aproxima tanto que se torna quase irreal.

Como veremos mais tarde em nossas aulas, ela seria como um modelo qualquer da Física Moderna. Descreve corretamente o que se quer representar na natureza, mas foge aos nossos sentidos, parecendo ser um absurdo, algo difícil de acreditar que existe. Mas existe!!

Agora, podemos responder à pergunta inicial, ligando a Gisele e um aviãozinho com o conhecimento físico. Como a única maneira que um cientista tem de entrar na essência da natureza é através dos conceitos e teorias que ele cria, na verdade, o trabalho de um físico se baseia muito em construir modelos. Ele a testa e depois faz um ajuste fino, adequando-os a uma teoria proposta. Um modelo é uma ferramenta criada pelo cientista para tentar conhecer a realidade (natureza?). Na verdade, nós não a conhecemos cara a cara. A conhecemos somente através dos modelos que criamos.

O pior disso tudo é saber que eu só posso acessar a realidade através de modelos da física ou do aeromodelismo, e nunca através do manuseio da Gisele Bündchen...

Para terminar, vamos ver alguns dos significados apresentados para esta palavra, retirados do dicionário Houaiss da Língua Portuguesa:

Modelo

✓ Substantivo masculino representação em escala reduzida de objeto, obra de arquitetura etc. a ser reproduzida em dimensões normais; maquete; Ex: modelo de um navio.

✓ Desenho, objeto ou pessoa em cuja reprodução estética trabalha o artista.

✓ Reprodução tridimensional, ampliada ou reduzida, de qualquer coisa real, us. Como recurso didático (p.ex., partes do corpo humano, do universo etc.)

✓ Coisa ou pessoa que serve de imagem, forma ou padrão a ser imitado, ou como fonte de inspiração. Ex: “tem como modelo o irmão mais velho”, “recorre às metáforas de Neruda como modelo”.

✓ Exemplo dado por uma pessoa, uma coisa, que possui determinadas características em mais alto grau. Ex: considera-a um modelo de virtude.

✓ Representante típico de uma categoria. Ex: ele é o modelo perfeito do pai de família

✓ Rubrica: física. Esquema que possibilita a representação de um fenômeno ou conjunto de fenômenos físicos e eventualmente a previsão de novos fenômenos ou propriedades, tomando como base um certo número de leis físicas, em geral obtidas ou testadas experimentalmente.

✓ Substantivo de dois gêneros. Indivíduo contratado por agência ou casa de modas para desfilar com as roupas que devem ser exibidas à clientela.

QUESTÕES

1. Como você define o que é um modelo?

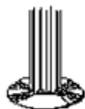
2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

5. Por que os modelos mudam na ciência?

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

PLANO DE AULA 3

I – Identificação

Disciplina: Física

Ano Letivo: **2017**

Série: **3ª.**

Carga Horária: 1 hora/aula

Data: ____/____/ 2017.

Curso: **Ensino Médio**

Escola: E. E. Dona Consuelo Muller

Professor(a): Talita Gonçalves Banheza

II – Conteúdo

Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares

Modelos Atômicos

III – Objetivos

Diferenciar e caracterizar os modelos atômicos.

IV - Procedimentos metodológicos

A aula será expositiva e a Teoria de ensino utilizada será “Aprendizagem Significativa” David Ausubel.

A aula será expositiva e dialogada para que os estudantes aos poucos possam levantar questões e dúvidas a serem discutidas.

Introdução: (~5 minutos): O professor fará uma descrição da atividade que será proposta para os estudantes. O objetivo da aula é o conhecimento e diferenciação dos principais modelos atômicos. Para tal propósito, foi elaborada uma história em quadrinhos que permeia, utilizando o contexto histórico, as principais características dos diferentes tipos de modelos atômicos que foram desenvolvidos.

Iniciaremos com a leitura da história em quadrinhos: “Uma viagem ao mundo das partículas”.

Desenvolvimento (~ 30 minutos):

Os estudantes farão a leitura da história, que contém dezesseis páginas, e preencherão a tabela no final da história.

Conclusão (~ 5 minutos):

O professor dialogará com os estudantes sobre as dúvidas que forem encontradas e sobre a importância da evolução do conhecimento científico na história da ciência, e como cada modelo atômico contribuiu durante aquele momento.

IX – Avaliação.

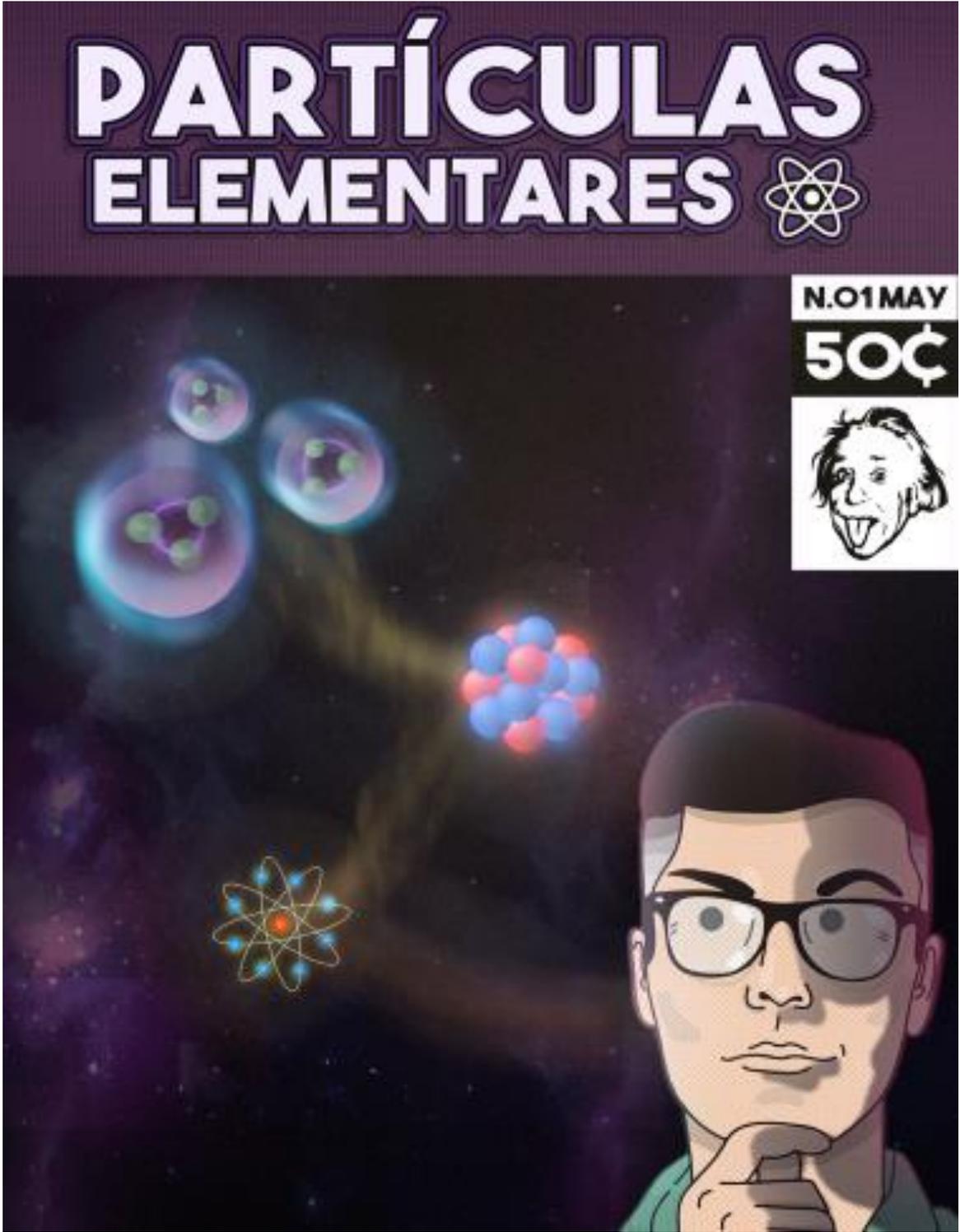
A avaliação ocorrerá por meio do desenvolvimento da tabela a ser preenchida ao final da história em quadrinhos, abrangendo os cientistas, experimentos e principais aspectos dos modelos atômicos.

X – RECURSOS

Professor, quadro, canetão, apagador, computador e data show.

XI – BIBLIOGRAFIA

PINHEIRO, Lisiane Araújo. **Partículas Elementares e suas Interações Fundamentais no Ensino Médio**. 2011. 313 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.



**Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências**

Criação e Desenvolvimento

Talita Gonçalves Banheza

Ilustração

Romulo Matos de Lima

Revisão Científica

Profa. Dra. Maria Inês Affonseca Jardim

Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira

Caros leitores,

Esta revista em quadrinhos tem como objetivo,
a difusão de temas de Física Moderna.

Levando-o ao desenvolvimento dos modelos atômicos em ordem cronológica.

Despertando à imaginação e desenvolver interesse pelos conceitos abordados.

Boa Leitura.

Talita Gonçalves Banheza

Uma Viagem ao Mundo das Partículas









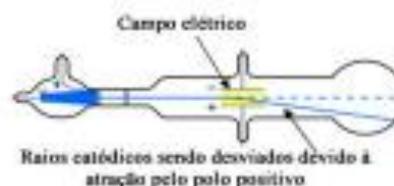
Modelo Atômico de Dalton

- Toda matéria é formada por átomos;
- Os átomos são indivisíveis e indestrutíveis;
- Os elementos são formados por átomos idênticos entre si em massa, forma e tamanho;
- Elementos diferentes são formados por átomos diferentes;
- Toda reação química consiste na união e/ou separação de átomos.





1- Possuíam carga negativa: Visto que esses raios eram desviados na direção do polo positivo, Thomson concluiu que eles eram constituídos por partículas negativas (cargas opostas atraem-se).



2. Possuíam massa: Ao colocar uma pequena hélice dentro do tubo, os raios catódicos movimentavam-na, mostrando assim que eram partículas com massa.



3 - Thomson descobriu que os raios catódicos se propagam em linha reta, ao colocar uma cruz de malha no tubo e observar a formação da sombra da imagem.



Ele realizou esse experimento para vários tipos de gases e sempre acertava o mesmo. Além disso, os resultados do experimento levaram-no a determinar o valor da relação entre a carga do elétron e a sua massa ($e/m = 1,756805 \cdot 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Thomson observou que esse valor sempre era o mesmo e que não dependia da natureza do gás. Assim, ele constatou que aquelas partículas negativas faziam parte de toda matéria, ou seja, eram partes dos átomos.

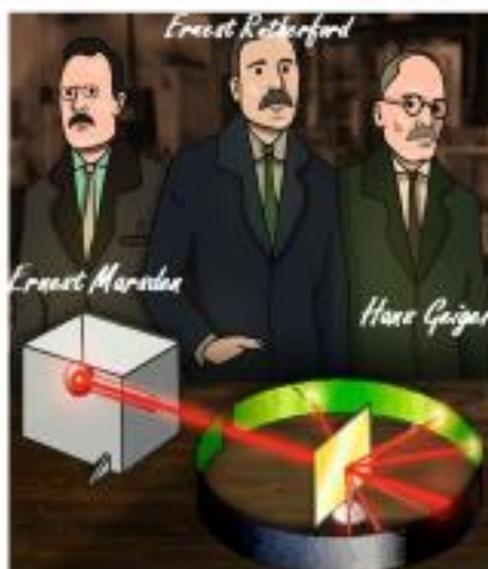
Modelo Atômico de J. J. Thomson

Descobriu os elétrons.

Os átomos são divisíveis.

O átomo contém minúsculas partículas com carga negativa chamadas elétrons.





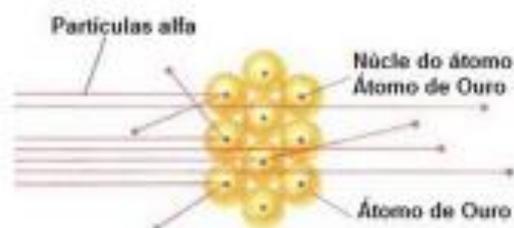
Para realizar tal experimento ele bombardeou uma finíssima folha-de-ouro (espessura de aproximadamente 10^{-4}mm), por um feixe de partículas alfa (α), vindo de uma amostra de polônio.

O polônio estava dentro de um bloco de chumbo, com um orifício, por onde apenas seria permitida a saída das emissões de partículas alfa. Placas de chumbos com orifícios em seus centros foram colocadas para que orientassem o feixe na direção da lâmina de ouro.

Por fim, colocou-se atrás da lâmina um anteparo recoberto com sulfeto de zinco, que é uma substância fluorescente, onde era possível visualizar o caminho percorrido pelas partículas alfa.

Rutherford notou que...

..a maioria das partículas alfa atravessava a lâmina, não desviava, nem retrocedia. Algumas partículas alfa se desviavam, e muito poucas retrocediam.



Rutherford concluiu que, ao contrário do que Dalton e Thomson pensavam, o átomo não poderia ser maciço. Mas, na verdade, grande parte do átomo seria vazio e ele conteria um núcleo muito pequeno, denso e positivo.

Modelo Atômico de Rutherford

Descobriu o núcleo por meio de seu experimento do desvio de partículas alfa.

Os átomos são compostos de duas partes: o núcleo e a parte extra-nuclear.

O núcleo é carregado positivamente e os elétrons, com carga negativa, revolvem ao redor do núcleo.



MODELO ATÔMICO DE BOHR

Os elétrons em órbita não descreviam movimento em espiral em direção ao núcleo;

Os elétrons podem ocupar apenas certas órbitas especiais ao redor do núcleo, chamadas órbitas estacionárias;

Um elétron não pode assumir qualquer valor de energia, mas somente determinados valores que correspondem às órbitas permitidas, tendo assim determinados níveis de energia ou camadas energéticas.

O equilíbrio dinâmico do átomo nos estados estacionários (isto é, quando os elétrons ocupam órbitas estacionárias) é governado pelas leis de Newton.

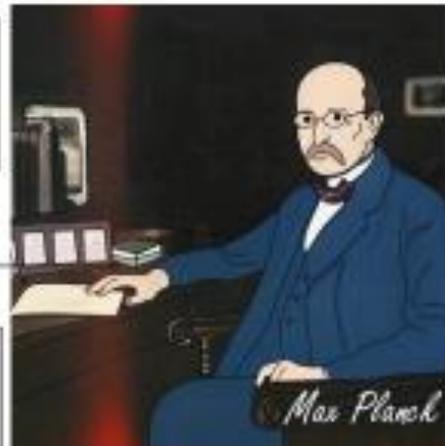
O átomo pode passar de um estado estacionário a outro por emissão ou absorção de radiação eletromagnética.



O modelo de Bohr explicou bem os espectros do átomo de hidrogênio, mas falhou em outros...



Teoria da Quantização da Energia
Qualquer energia radiante (ondas eletromagnéticas) não poderiam ter um valor qualquer, porém deveria ser um múltiplo inteiro de uma quantidade fundamental chamado Quantum (E).



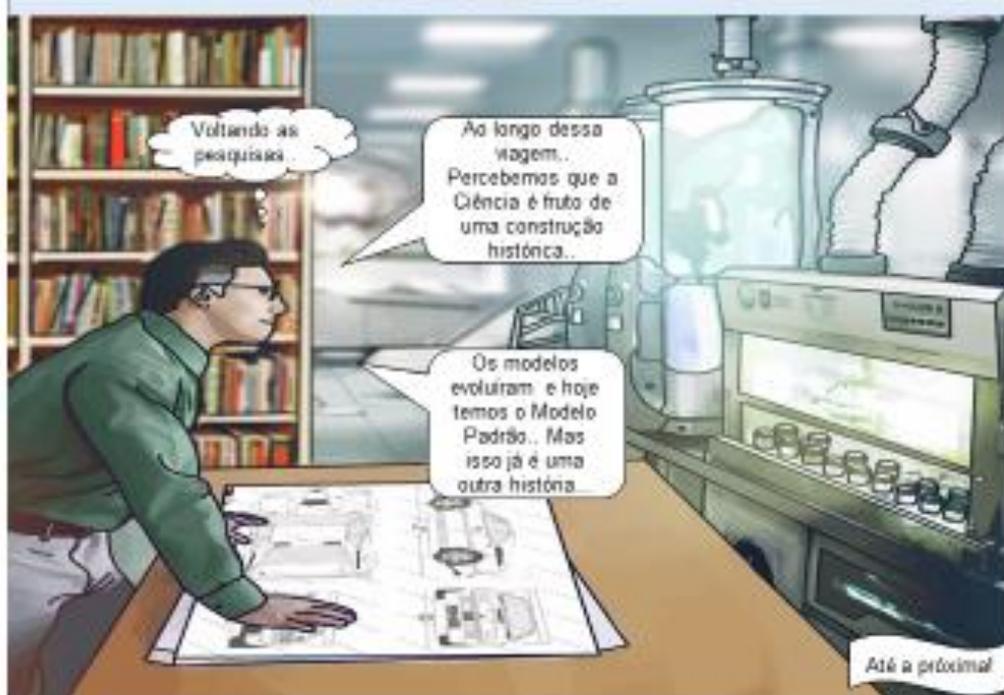
A Natureza Dual da Matéria
O momento, mv , é uma propriedade de partícula, o λ é uma propriedade de onda. Dessa forma o elétron poderia ser tratado da mesma forma que a luz. Seria associado ao elétron um comprimento de onda específico na região da órbita que ele ocupa em determinado nível de energia.



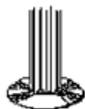
Princípio da Incerteza
É impossível determinar com precisão a posição e a velocidade do elétron ao mesmo tempo.







Identifique o Cientista e preencha as colunas, Experimentos e Modelo Atômico.			
ANO	CIENTISTA	EXPERIMENTOS	MODELO ATÔMICO
1808	 _____		
1897	 _____		
1911	 _____		
1913	 _____		



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

PLANO DE AULA 4

I – Identificação

Disciplina: Física

Ano Letivo: 2017

Série: 3ª.

Carga Horária: 1 hora/aula

Data: ____/____/ 2017.

Curso: Ensino Médio

Escola: E. E. Dona Consuelo Muller

Professor(a): Talita Gonçalves Banheza

II – Conteúdo

Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares

III – Objetivos

Definir Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.

IV - Procedimentos metodológicos

A aula será expositiva e a Teoria de ensino utilizada será “Aprendizagem Significativa” de David Ausubel.

A aula será expositiva e dialogada para que os estudantes aos poucos possam levantar questões e dúvidas a serem discutidas.

Introdução: (~5 minutos): Será apresentado o objetivo da aula por meio da apresentação de um vídeo, “Licenciatura em Ciências: Partículas Elementares-Univesp”, introduzir alguns aspectos do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.

Desenvolvimento (~ 30 minutos):

Iniciaremos a aula apresentando o vídeo, “Licenciatura em Ciências: Partículas Elementares-Univesp” (duração ~ 9min39seg), o mesmo será pausado por volta do 1 minuto para o seguinte questionamento:

Questão: O que é algo elementar?

Tal questão é colocada para despertar os questionamentos dos estudantes, dando abertura a dúvidas que poderão ser colocadas; após uma breve discussão prosseguiremos com o vídeo.

O vídeo tem como proposta, a inicialização em alguns temas decorrentes do conteúdo do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares, como:

A descoberta das Partículas Elementares;

Os aceleradores de Partículas;

A origem do universo e as partículas elementares;

A evolução dos modelos atômicos;

Os principais grupos de partículas, Férmions e Bósons.

Ao finalizar o vídeo, iniciaremos uma apresentação eletrônica que detalhará os principais fundamentos do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares e os principais grupos de partículas, Férmions e Bósons. O conteúdo será trabalhado definindo o conceito geral e depois progressivamente discutir suas características e exemplo.

Conclusão (~ 5 minutos):

Ao final da aula será feita uma síntese do que foi apresentado.

IX – Avaliação.

A avaliação ocorrerá por meio das questões exploradas durante a apresentação eletrônica.

X – RECURSOS

Professor, quadro, canetão, apagador, computador e data show.

XI – BIBLIOGRAFIA

PINHEIRO, Lisiane Araújo. **Partículas Elementares e suas Interações Fundamentais no Ensino Médio**. 2011. 313 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SÃO PAULO. UNIVESP. **Licenciatura em Ciências: Partículas Elementares**. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=bpK4bDAm58s> >. Acesso em: 16 jun. 2017.

MOREIRA, M. A. Um mapa conceitual sobre partículas elementares. **Revista brasileira de ensino de Física**, v. 11, p. 114-129, dezembro 1989.

MOREIRA, M. A. Partículas e interações. **Física na escola**, v. 5, n. 2, p. 10-14, 2004.

SÃO PAULO. CENTRO DE ENSINO E PESQUISA APLICADA. **A Aventura das Partículas**. Disponível: < <http://www.cepa.if.usp.br/aventuradasparticulas/frames.html> >. Acesso em: 19 abr. 2017.

MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES

Profa. Talita Gonçalves Barheza

O que é elementar?

"Do que o mundo é feito?"

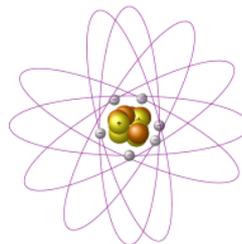
"O que o mantém unido?"

Profa. Talita Gonçalves Barheza

O átomo

A palavra **átomo** vem do grego e significa: **indivisível**

- Na Grécia antiga os filósofos Demócrito e seu mestre Leucipo afirmavam que se quebrássemos um objeto em pedaços cada vez menores, os pedaços manteriam as mesmas propriedades que o objeto original, até alcançarmos o átomo.
- O átomo seria o menor pedaço do corpo que ainda conservaria as suas propriedades.
- A proposta da escola grega implicaria que teríamos um número incalculável de átomos para descrever o mundo que nos cerca..



Mas o átomo é fundamental?

Profa. Talita Gonçalves Barheza

O Núcleo é Fundamental?

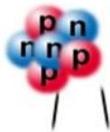
Por parecer pequeno, sólido e denso, os cientistas pensaram originalmente que o núcleo era fundamental.



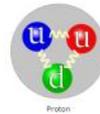
Mais tarde, descobriram que ele era feito de **prótons (p)**, que são carregados positivamente, e **nêutrons (n)**, que não têm carga.

Profa. Talita Gonçalves Barbeza

Prótons e os nêutrons são fundamentais?



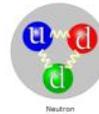
- Os físicos descobriram que os prótons e os nêutrons são compostos de partículas ainda menores, chamadas **quarks**.



Proton



- Os quarks são como os pontos na geometria. Eles não são compostos de nada mais.



Neutron

Profa. Talita Gonçalves Barbeza

MODELO PADRÃO

O **Modelo Padrão**, que explica o que é o mundo e o que o mantém unido.

É uma teoria simples e compreensível que explica todas as centenas de partículas e interações complexas com apenas:

Three generations of matter (fermions)

	I	II	III	
mass	2.4 MeV/c ²	1.27 GeV/c ²	171.2 GeV/c ²	0
charge	2/3	2/3	2/3	0
spin	1/2	1/2	1/2	1
name	u up	c charm	t top	γ photon
				H Higgs boson
	d down	s strange	b bottom	g gluon
Quarks				
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z⁰ Z boson
	e electron	μ muon	τ tau	W[±] W boson
Leptons				
				Gauge bosons

Profa. Talita Gonçalves Barbeza

Partículas Elementares

Física Moderna

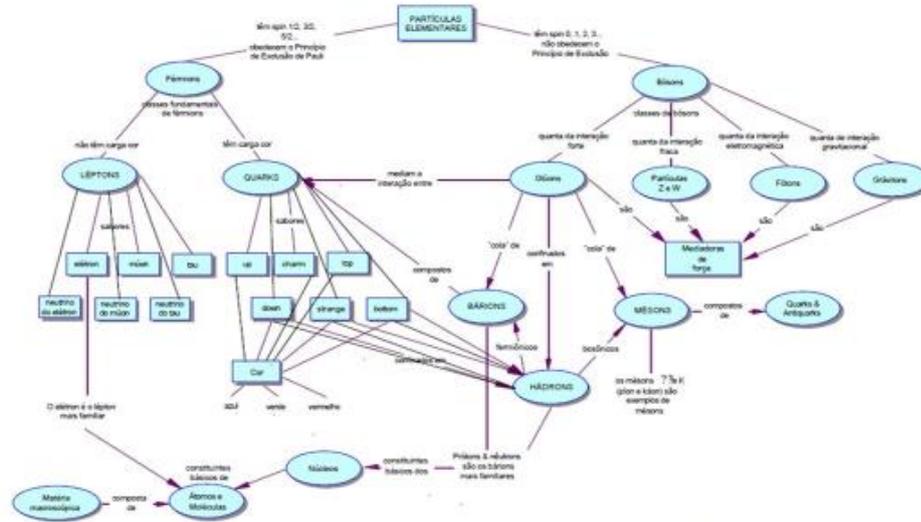
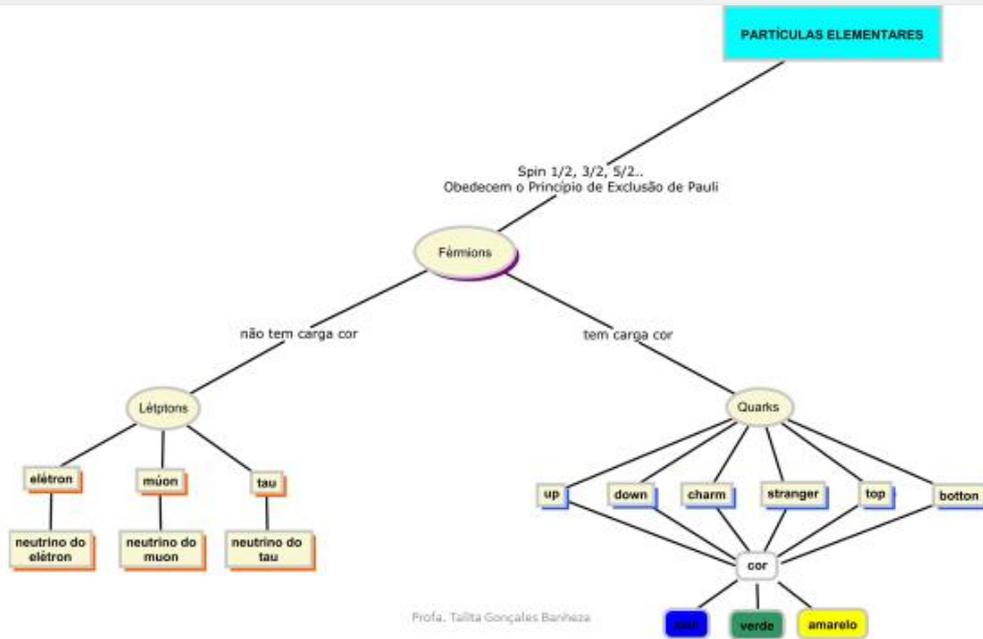


Figura 5: Um mapa conceitual sobre partículas elementares (M.A. Moreira, 1989, revisado em 2004)



Férmions

- Um **férmion** é qualquer partícula que tenha um spin semi-inteiro (como $1/2, 3/2, \dots$).
- Quarks e léptons, são férmions como a maioria das partículas compostas, como prótons e nêutrons.
- Por razões que ainda não entendemos, uma consequência do spin semi-inteiro é que os férmions obedecem ao Princípio de Exclusão de Pauli, não podendo coexistir no mesmo estado e no mesmo local ao mesmo tempo.

Profa. Talita Gonçalves Barhiza

Matéria e Antimatéria

- Para cada tipo de partícula de matéria que nós encontramos, existe uma partícula correspondente de **antimatéria** ou uma **antipartícula**.
- As antipartículas parecem-se e comportam-se como suas correspondentes partículas de matéria, exceto pelo fato de terem cargas opostas.



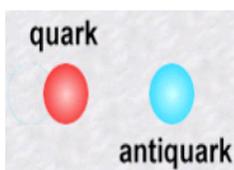
Exemplo: Um próton é eletricamente positivo, ao passo que um antipróton é eletricamente negativo.

- A gravidade afeta a matéria e a antimatéria do mesmo modo, porque a gravidade não é uma propriedade ligada à carga.

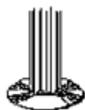
Profa. Talita Gonçalves Barhiza

Matéria e Antimatéria

- Uma partícula de matéria tem também a mesma massa de uma antipartícula.
- Quando uma partícula de matéria e uma partícula de antimatéria se encontram, elas se aniquilam em pura energia!



- O símbolo usual para uma antipartícula é uma barra acima do símbolo correspondente. Exemplo, o "quark up" u tem um "antiquark up" designado por \bar{u} (pronunciamos u-barra).
- A antipartícula de um quark é um antiquark, a antipartícula de um próton é um antipróton, e assim por diante.
- A única exceção é que um antielétron é chamado de pósitron e é representado por e^+ .



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

PLANO DE AULA 5

I – Identificação

Disciplina: Física

Ano Letivo: 2017

Série: 3ª.

Carga Horária: 1 hora/aula

Data: ____/____/ 2017.

Curso: Ensino Médio

Escola: E. E. Dona Consuelo Muller

Professor(a): Talita Gonçalves Banheza

II – Conteúdo

Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares

III – Objetivos

Diferenciar as características e grupos das Partículas Elementares.

IV - Procedimentos metodológicos

A aula será expositiva e a Teoria de ensino utilizada será “Aprendizagem Significativa” de David Ausubel.

A aula será expositiva e dialogada para que os estudantes aos poucos possam levantar questões e dúvidas a serem discutidas.

Introdução: (~5 minutos): O objetivo da aula é por meio de uma apresentação eletrônica, explorar as diferentes características das Partículas Elementares e a forma com que elas estão agrupadas de acordo com suas semelhanças.

Desenvolvimento (~ 30 minutos):

Iniciaremos a aula de acordo com a apresentação “O que é Elementar”, que exemplifica a diferença entre os dois grupos de Férmions, Léptons e Quarks. O conteúdo será trabalhado definindo o conceito geral do grupo dos Férmions e depois progressivamente discutir as características dos Léptons e Quarks.

Um mapa conceitual será utilizado para a organização e diferenciação das partículas.

Conclusão (~ 5 minutos):

Ao final da aula será feita uma síntese do que foi apresentado.

IX – Avaliação.

A avaliação ocorrerá por meio das questões exploradas durante a apresentação eletrônica.

X – RECURSOS

Professor, quadro, canetão, apagador, computador e data show.

XI – BIBLIOGRAFIA

PINHEIRO, Lisiane Araújo. **Partículas Elementares e suas Interações Fundamentais no Ensino Médio**. 2011. 313 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MOREIRA, M. A. Um mapa conceitual sobre partículas elementares. **Revista brasileira de ensino de Física**, v. 11, p. 114-129, dezembro 1989.

MOREIRA, M. A. Partículas e interações. **Física na escola**, v. 5, n. 2, p. 10-14, 2004.

SÃO PAULO. CENTRO DE ENSINO E PESQUISA APLICADA. **A Aventura das Partículas**. Disponível: < <http://www.cepa.if.usp.br/aventuradasparticulas/frames.html>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

Continuação da Apresentação “Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares”

Quarks		
Sabores	Carga Elétrica (e)	Massa×c ²
<i>u</i> (<i>up</i>)	$+\frac{2e}{3}$	5MeV
<i>d</i> (<i>down</i>)	$-\frac{1e}{3}$	10MeV
<i>s</i> (<i>strange</i>)	$-\frac{1e}{3}$	200MeV
<i>c</i> (<i>charm</i>)	$+\frac{2e}{3}$	1,5GeV
<i>b</i> (<i>bottom</i>)	$-\frac{1e}{3}$	4,7GeV
<i>t</i> (<i>top</i>)	$+\frac{2e}{3}$	170GeV

Hádrons

- São grupos de quarks e nunca são encontrados sozinhos.
- Os quarks individuais tem cargas elétricas fracionárias, eles se combinam de tal maneira que os hádrons possuem cargas elétricas inteiras.
- Não possuem carga de cor, embora os quarks possuam por si mesmos carga de cor.

Bárions

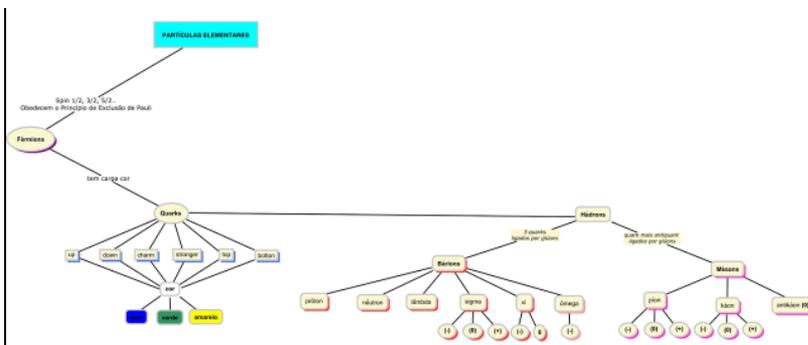
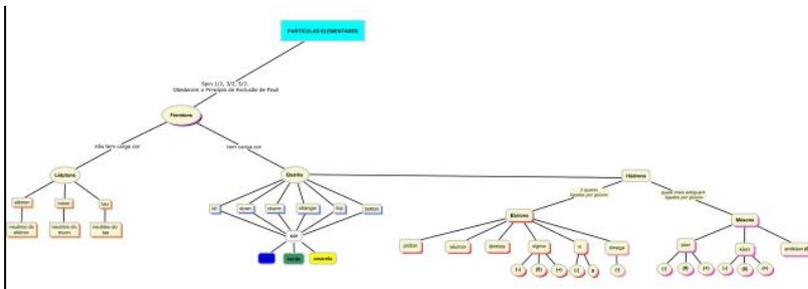


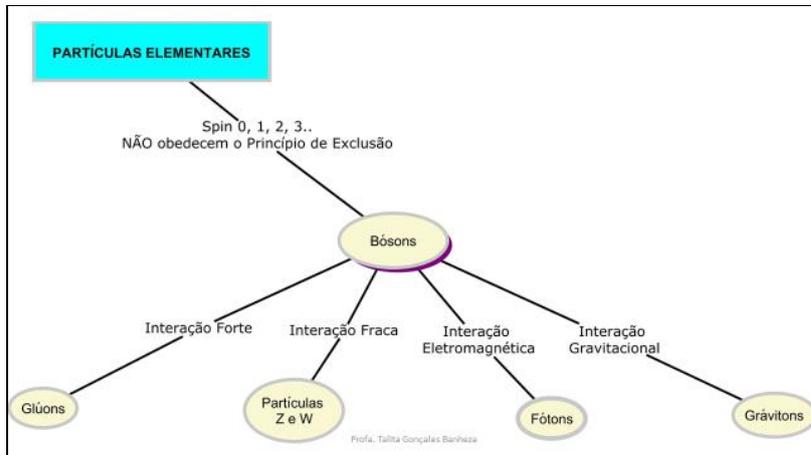
- São hádrons compostos por três quarks (qqq).
- Os **prótons** são constituídos por dois quarks up e um quark down (uud), eles são bárions.
- Os **nêutrons** são constituídos por um quark up e dois quarks down (udd).

Mésons



- São os que contêm um quark (q) e um antiquark (-q)
- Um exemplo de méson é o pión (+), que é composto por um quark up e um antiquark down .
- As antipartículas de um méson têm seus quarks e antiquarks trocados; assim, um antipión (-) é composto por um quark down e um antiquark up.
- Como os mésons são constituídos por uma partícula e uma antipartícula, eles são bastante instáveis.
- O méson kaon (K-) vive mais tempo do que a maioria dos mésons e é, por isso, que ele é denominado "estranho" e quem lhe deu esse nome ao quark estranho, foi um de seus componentes.





Bóson

- **Bósons** são as partículas que possuem um spin inteiro (0, 1, 2...).
- As **partículas transportadoras de força** são bósons, assim como quaisquer partículas compostas com um número par de férmions (como os mésons).

Profª. Talita Gonçalves Barheira

Força Forte

- A força forte segura os quarks grudados para formar hádrons; então, suas partículas transportadoras são caprichosamente chamadas de glúons porque elas "colam" os quarks juntos ("to glue" significa colar em inglês).
- Os glúons possuem carga de cor, o que é estranho, mas não tanto quanto os fótons que não têm carga eletromagnética.
- Os quarks têm carga de cor, as partículas compostas de quarks não têm essa carga (elas têm **cor neutra**).

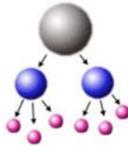


- A força forte apenas é levada em consideração em interações entre quarks. Por isso você não está habituado com a força forte no seu cotidiano.
- A carga de cor comporta-se de modo diferente da carga eletromagnética.

Profª. Talita Gonçalves Barheira

Força Fraca

- Interações fracas são as responsáveis pelo decaimento de quarks e léptons pesados em quarks e léptons mais leves.
- Quando partículas fundamentais decaem observamos seu desaparecimento e sua substituição por duas ou mais partículas diferentes.

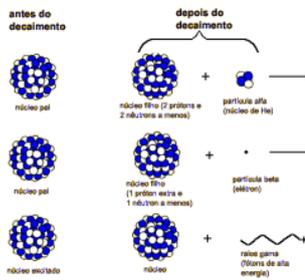


Não é possível mais nenhum decaimento

- O total de massa e energia é conservado, um pouco da massa original da partícula é convertido em energia cinética, e as partículas resultantes sempre têm menos massa que a partícula original que decaiu.
- A única matéria estável ao nosso redor é composta dos menores quarks e léptons, que não podem mais decair.

Profa. Talita Gonçalves Barbeza

Força Fraca



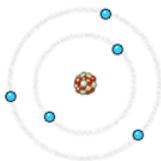
- Quando um quark ou lépton muda de tipo (um múon transforma-se em um elétron, por exemplo) dizemos que ele mudou de *sabor*. Todas as mudanças de sabor são devidas à interação fraca.
- As partículas transportadoras das interações fracas são as partículas W^+ , W^- , e a Z . As W são carregadas eletricamente e a Z é neutra.
- O Modelo Padrão uniu as interações eletromagnética e fraca em uma interação unificada chamada eletrofraca.

Força Eletromagnética

- Força eletromagnética faz com que objetos com cargas opostas se atraiam e objetos com cargas iguais venham a se repelir.
- Muitas forças do cotidiano, como a força de atrito, e até mesmo o magnetismo, são causadas pela força eletromagnética.
- Exemplo: a força que impede você atravessar o chão é a força eletromagnética, aquela que faz com que os átomos da matéria do seu pé e do chão resistam ao deslocamento.

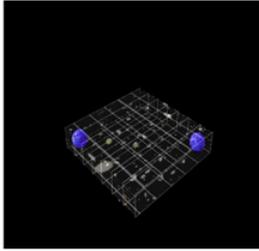
Profa. Talita Gonçalves Barbeza

Força Eletromagnética



- A partícula transportadora da força eletromagnética é o fóton (γ).
- Fótons de energias mais diversas varrem todo o espectro eletromagnético de raio x, luz visível, ondas de rádio..
- Fótons têm massa zero e sempre viajam à "velocidade da luz", c , que é cerca de 300.000.000 metros por segundo

Força Gravitacional



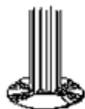
- A partícula transportadora da gravidade ainda não foi encontrada. Tal partícula, foi prevista e poderá ser encontrada um dia: o **gráviton**.
- Os efeitos da gravidade são extremamente pequenos na maioria das situações em física de partículas, quando comparado aos das outras três interações, assim, teoria e experimentos podem ser comparados sem incluir a gravidade nos cálculos.

Profa. Talita Gonçalves Barbeza



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

Profa. Talita Gonçalves Barbeza



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

PLANO DE AULA 6

I – Identificação

Disciplina: Física

Ano Letivo: 2017

Série: 3ª.

Carga Horária: 1 hora/aula

Data: ____/____/ 2017.

Curso: Ensino Médio

Escola: E. E. Dona Consuelo Muller

Professor(a): Talita Gonçalves Banheza

II – Conteúdo

Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.

III – Objetivos

Identificar as partículas elementares e os grupos as quais elas pertencem por meio de um vídeo game “Sprace” e aplicar o conhecimento de Partículas Elementares ao identificar seus grupos.

IV - Procedimentos metodológicos

A aula será expositiva e a Teoria de ensino utilizada será “Aprendizagem Significativa” de David Ausubel.

Nessa aula será realizada a reconciliação integrativa, referente ao conteúdo do Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares que foi estudado ao longo aulas.

A aula será de tecnologia com o uso do vídeo game “Sprace” que aborda os principais conceitos de Física de Partículas. O jogo foi produzido pela empresa de consultoria brasileira Summa Technology+Business e desenvolvido pela Black Widow Games Brasil, podendo ser acessado gratuitamente através do link: <http://www.sprace.org.br/SPRACE/sprace-game>.

A aplicação dos conceitos de Partículas Elementares por meio do jogo combina aspectos educativos e diversão, isso torna o jogo um convite atrativo a uma aprendizagem motivadora.

Será utilizado o laboratório de informática da escola, para a realização dessa atividade. O vídeo game será instalado com antecedência nos computadores.

Introdução: (~5 minutos): Serão apresentados os principais comandos no quadro e apresentado o jogo. Para facilitar a compreensão iniciaremos com a apresentação de um tutorial que auxiliará no funcionamento do jogo.

Os estudantes sentarão em duplas nos computadores, de acordo com a disponibilidade e funcionamento na sala de informática.

Desenvolvimento (~ 30 minutos):

O tempo para a execução do jogo será de aproximadamente 30 minutos.

Funcionamento

Após a sua miniaturização, o jogador pilota uma nave capaz de manobrar entre as partículas, capturá-las e levá-las para análise em um laboratório também miniaturizado. Quando um hádron é capturado, o laboratório permite identificar os quarks que o compõem e recombinar quarks de partículas diferentes para compor uma nova partícula. Caso esses quarks sejam combinados adequadamente, a partícula resultante é liberada do laboratório, permitindo observar a sequência normal de decaimentos da partícula produzida.

A captura de partículas ocorre na “Tela de Partículas”. A nave do jogador é equipada com dois tipos de disparo. O primeiro disparo é utilizado para lançar uma espécie de campo de força para prender uma partícula, permitindo o transporte para o laboratório de análises miniaturizado. O segundo disparo é utilizado para impulsionar uma partícula capturada em determinada direção, de forma a levá-la ao laboratório.

Missões

As missões do jogo são apresentadas como etapas intermediárias para preparar o planeta Marte para uma futura colonização. As primeiras missões servem para calibrar os instrumentos do laboratório, que haviam sido descalibrados durante o processo de miniaturização. A última missão consiste em coletar partículas e recombinar seus quarks na produção de novos prótons e nêutrons, nas quantidades corretas para produzir os núcleos dos átomos necessários para a colonização de Marte, destacando-se o

Hidrogênio, mais simples dos elementos, e o Oxigênio como matéria-prima para sustentação da vida. Em cada caso, o jogador precisa apenas produzir o primeiro átomo, depois disso, o processo é repetido de forma automatizada para produzir grandes quantidades de cada elemento, como narrado no jogo.

A sequência de missões é descrita a seguir:

- Missão 1: Capturar uma partícula de cada tipo de lépton e levá-las ao laboratório para análise, como forma de calibrar os instrumentos do laboratório. Nessa missão, o jogador aprende a reconhecer os léptons no banco de dados de férmions e tem uma ideia das diferenças de massa entre elétrons, múons, taus e neutrinos, além de aprender os mecanismos básicos de controle da nave e do jogo.
- Missão 2: Capturar dois mésons diferentes, gerados por decaimento da partícula tau, e levá-los ao laboratório para identificação. Para tanto, é preciso localizar e perseguir uma partícula tau na “Tela de Partículas” até que ocorra o seu decaimento. Em seguida deve-se capturar rapidamente um dos mésons gerados por esse decaimento, repetindo o processo até a identificação de dois mésons possíveis de serem produzidos nesse tipo de decaimento (π^- , π^+ , π^0). Nessa missão, o jogador aprende o processo de decaimento de partículas.
- Missão 3: Capturar pelo menos cinco tipos diferentes de bárions (incluindo um próton e um nêutron), levá-los ao laboratório para identificação e para completar o processo de calibragem do laboratório. Nessa missão, o jogador começa a completar o banco de dados de hádrons, ganha familiaridade com a composição de quarks desses elementos, principalmente do próton e do nêutron.
- Missão 4: Capturar diversos hádrons para recombinar seus quarks em novas partículas, com o propósito de criar novos prótons e nêutrons nas quantidades certas para a produção dos núcleos de Hidrogênio e Oxigênio. Nessa missão, o jogador aprende a consultar a Tabela Periódica para determinar a quantidade de prótons e nêutrons a serem gerados em cada caso, e repete algumas vezes o processo de selecionar quarks para compor prótons e nêutrons de forma a memorizar a composição dessas duas partículas. Além disso, a consulta ao banco de dados de hádrons é muito útil para saber quais partículas contêm quarks que podem ser reaproveitados na composição de prótons e nêutrons.

Apesar da sequência de missões ser predeterminada, o jogador não é forçado a seguir essas missões, tendo liberdade para explorar o jogo de formas diferentes. Por exemplo, na missão 4, o jogador pode optar por experimentar combinações diferentes de quarks, liberando as partículas produzidas pelo

laboratório e observando seu decaimento. Ele pode optar, também, por capturar e analisar mais partículas que não haviam sido identificadas ainda, de forma a ter mais informações para a seleção subsequente de hádrons que forneçam o tipo correto de quark para produzir uma nova partícula desejada.

Orientações extraídas do 'pressrelease' do vídeo game.

Conclusão (~ 5 minutos):

Ao final, os estudantes devem perceber como as partículas elementares se agrupam de acordo com suas semelhanças e concluiremos que identificar as partículas e seus grupos por meio de um jogo torna-se mais motivador e interessante.

IX – Avaliação.

A avaliação ocorrerá durante a execução do jogo, por meio da identificação das partículas elementares e seus respectivos grupos; e mudanças de missões.

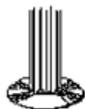
X – RECURSOS

Professor, quadro, canetão, apagador, computador e data show.

XI – BIBLIOGRAFIA

PINHEIRO, Lisiane Araújo. **Partículas Elementares e suas Interações Fundamentais no Ensino Médio**. 2011. 313 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

NOVAES, Sérgio F. ; SAUKAS, Einar. **Pressrelease Sprace Game**. São Paulo.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

PLANO DE AULA 7

I – Identificação

Disciplina: Física

Ano Letivo: 2017

Série: 3ª.

Carga Horária: 1 hora/aula

Data: ____/____/ 2017.

Curso: Ensino Médio

Escola: E. E. Dona Consuelo Muller

Professor(a): Talita Gonçalves Banheza

II – Conteúdo

Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares

III – Objetivos

Avaliar os resultados da aprendizagem de cada estudante.

IV - Procedimentos metodológicos

A aula será expositiva e a Teoria de ensino utilizada será “Aprendizagem Significativa” de David Ausubel.

Nessa última aula será realizada a aplicação do questionário sobre a Unidade de Ensino. A aula será expositiva simples, para a distribuição e aplicação.

Introdução (~5 minutos):

Diálogo com os estudantes sobre o porquê e algumas orientações sobre a aplicação do questionário sobre a Unidade de Ensino.

Desenvolvimento (~ 30 minutos):

O questionário possui 5 questões dissertativas; em que o estudante poderá expor sua opinião sobre as atividades que foram desenvolvidas durante a aplicação dessa Unidade. Nesse momento será distribuído o questionário para cada estudante realiza-lo.

Conclusão (~ 5 minutos):

Ao final os estudantes devem perceber a importância do desenvolvimento dessa Unidade de Ensino com conceitos relacionados ao *Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares*

IX – Avaliação.

A avaliação ocorrerá por meio do questionário, que será entregue a cada estudante, verificando sua opinião sobre o desenvolvimento dessa Unidade de Ensino referente ao tema Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.

X – RECURSOS

Professor, quadro, canetão, apagador, material impresso.

XI – BIBLIOGRAFIA

PINHEIRO, Lisiane Araújo. **Partículas Elementares e suas Interações Fundamentais no Ensino Médio**. 2011. 313 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós – Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em Ensino de Física

Nome: _____ Turma: _____ Data: _____

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadrinhos e vídeo)?

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

APÊNDICE B**AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA**



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



AUTORIZAÇÃO

Eu _____, Diretor(a) da Unidade Escolar: Escola Estadual Dona Consuelo Muller, inscrito sob o Registro Geral _____ e CPF _____, autorizo o desenvolvimento da pesquisa intitulada “**O Mundo Das Partículas: Uma Unidade De Ensino Potencialmente Significativa Para O Ensino Do Modelo Padrão Da Física De Partículas Elementares No Ensino Médio**”, coordenada pela pós-graduanda Talita Gonçalves Banheza, portadora do Registro Geral 2322397 - SEJUSP/MS; CPF 339.934.978-56 e Matrícula 20157753, do Curso de Mestrado em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. O projeto será de responsabilidade da pós-graduanda, sob orientação da docente doutora, professora do referido curso, Maria Inês de Affonseca Jardim, inscrita sob o CPF 366.086.459-53.

Local e Data

Nome e carimbo da Diretoria da Escola

APÊNDICE C**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TCLE)**



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO/UFMS

Você está sendo convidado a participar em uma pesquisa, chamada **“O Mundo Das Partículas: Uma Unidade De Ensino Potencialmente Significativa Para O Ensino Do Modelo Padrão Da Física De Partículas Elementares No Ensino Médio”**. Você precisa decidir se quer participar ou não. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Este estudo será conduzido pelas pesquisadoras Talita Gonçalves Banheza e Maria Inês de Affonseca Jardim.

Participarão deste estudo estudantes do 3º Ano do Ensino Médio, da Escola Estadual Dona Consuelo Muller, Campo Grande – Mato Grosso do Sul.

Não poderão participar desta pesquisa menores de idade sem a autorização de pais ou responsáveis.

A pesquisa terá a duração de (1) mês, e você participará dela por um período de 11 horas/aula. Participarão, aproximadamente 30 (trinta) estudantes de cada turma de 3º. Ano de sua escola. Não haverá nenhum prejuízo ou eventos adversos na sua participação na referida pesquisa, que resultará em acesso a informações e conhecimentos sobre **“O Mundo Das Partículas: Uma Unidade De Ensino Potencialmente Significativa Para O Ensino Do Modelo Padrão Da Física De Partículas Elementares No Ensino Médio”**.

Você não será pago para participar desta pesquisa.

Os resultados deste projeto servirão de base para ampliar o conhecimento a respeito do ensino de Física, sobretudo do conteúdo de Partículas Elementares.

As ações serão gravadas com equipamentos audiovisuais. Todos os dados coletados serão utilizados na escrita dos resultados desse estudo, sendo garantido o sigilo dos nomes de todos os participantes. Os resultados da pesquisa serão divulgados, em um primeiro momento para os participantes, via cartaz fixado nas escolas e depois serão apresentados em eventos ou publicados em forma de artigo científico na área de ensino de Ciências ou da Educação.

Se você concordar em participar do estudo, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo.

Você será informado periodicamente de qualquer nova informação que possa modificar a sua vontade em continuar participando do estudo.

Em caso de dúvidas, entre em contato com Talita Gonçalves Banheza, e-mail talitagb@gmail.com, ou Maria Inês de Affonseca Jardim, telefone (67) 98415-3727, e-mail inesaffonseca@gmail.com.

Para perguntas sobre seus direitos como participante no estudo chame o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFMS, no telefone (67) 3345-7187.

Sua participação no estudo é voluntária. Você pode escolher não fazer parte do estudo, ou pode

desistir a qualquer momento. Você não será proibido de participar de novos estudos. Você poderá ser solicitado a sair do estudo se não cumprir os procedimentos previstos ou atender as exigências estipuladas. Você receberá uma via assinada deste termo de consentimento.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Nome do participante ou responsável, por extenso:

_____ data _____

Nome:

RG:

CPF:

Assinatura do pesquisador:

_____ data _____

Nome:

RG:

CPF:

Rubrica do participante ou
responsável, se menor

Rubrica do pesquisador

APÊNDICE D**TERMO DE ASSENTIMENTO**



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



TERMO DE ASSENTIMENTO

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa **“O Mundo Das Partículas: Uma Unidade De Ensino Potencialmente Significativa Para O Ensino Do Modelo Padrão Da Física De Partículas Elementares No Ensino Médio”**. Neste estudo pretendemos aplicar uma unidade de ensino que traz como instrumentos de ensino uma história em quadrinhos e um jogo dentre outras atividades, para estruturar e reconciliar os conceitos sobre Física de Partículas Elementares. A justificativa para tal estudo consiste na possibilidade de oferecer um material didático que auxilie no processo de ensino e aprendizagem desse conteúdo.

Para este estudo adotaremos os seguintes procedimentos: O trabalho será realizado na Escola Estadual Dona Consuelo Muller, Campo Grande - Mato Grosso do Sul.

Será trabalhada nas salas de 3º Ano do Ensino Médio, do período matutino, com aproximadamente 30 estudantes cada, na qual será aplicada uma unidade de ensino durante 11 (onze) encontros, durante as aulas da disciplina de Física de cada turma, totalizando 11 horas/aula. No primeiro encontro o (a) professor (a) aplicará o planejamento que contempla: Avaliação diagnóstica inicial (levantamento de conhecimentos prévios); aulas conceituais, expositiva e dialogada e apreciação de material audiovisual.

A atividade do encontro seguinte será o contato do participante com o jogo educativo, em grupos de dois estudantes ou individualmente, mediados pelo (a) professor (a).

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento livre e esclarecido. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido (a) pela pesquisadora, que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco mínimo, isto é, o mesmo risco existente em atividades rotineiras como conversar, ler etc. Apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa.

As ações serão gravadas com equipamentos audiovisuais. Os participantes terão privacidade na hora de responder ao questionário, e o sigilo das respostas será mantido pelos pesquisadores. Os voluntários não serão pagos pela participação na pesquisa e as notas na disciplina não serão afetadas pela sua participação ou desistência.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada a pesquisa. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por

você. Os dados e instrumentos utilizados ficarão arquivados com a pesquisadora responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pela pesquisadora responsável, e a outra será fornecida a você.

Em caso de dúvidas quanto aos procedimentos e andamento da pesquisa, você poderá consultar:

PESQUISADORES: TALITA GONÇALES BANHEZA E MARIA INÊS DE AFFONSECA JARDIM (67) 99129-0415 OU 3722-8409

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

CEP- COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - UFMS

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA / UFMS

FONE: (67) 3345-7187

Eu, _____, fui informado (a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Rubrica do participante

Rubrica do pesquisador

Campo Grande, MS, ____ de _____ de 2017.

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE E**RESULTADO - QUESTIONÁRIO "MODELOS EM CIÊNCIA"**

Estudante 1**QUESTÕES**

1. Como você define o que é um modelo?

Para mim modelo pode ser definido como uma coisa ou uma pessoa, uma representação em escala reduzida.

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

Modelo é uma coisa que pode ser representada por uma ideia, apenas depende de que tipo de modelo estamos falando.

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Seria o estudo mais aprofundado, onde os cientistas usam conceitos e relações.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

Eles usam conceitos e relações que são “materiais” intelectuais construído pela imaginação e pela razão.

5. Por que os modelos mudam na ciência?

Porque cada modelo tem a teoria mais competente, mais de acordo com o que se pretende explicar.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

Ele precisa “lidar” com os dados obtidos experimentalmente isso através de conceitos e teorias que ele cria.

Estudante 2**QUESTÕES**

1. Como você define o que é um modelo?

A palavra “Modelo” possui vários significados como, por exemplo: Indivíduo contratado por agência ou casa de modas; representante típico de uma categoria; coisa ou pessoa que serve imagem, forma ou padrão a ser imitado, ou como fonte de inspiração, entre outros. Depende do contexto.

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

Que a palavra modelo possui diversos sentidos, dependendo do contexto, tais como: os modelos que desfilam na passarela, os modelos atômicos na física, o modelo de um navio, entre vários outros significados.

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Os modelos na física seriam para facilitar os físicos a testar seus experimentos e coloca-los em prática algo que não seriam capazes de ver a olho nu.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

Com teorias e experimentos.

5. Por que os modelos mudam na ciência?

Pois há novas teorias criadas.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

Através de experimentos e teorias mais aceitas.

Estudante 3

QUESTÕES

1. Como você define o que é um modelo?

O modelo traz a ideia de representar uma teoria que foi criada pelo homem, assim para “vermos” e entendermos através dele, o que a pessoa que o criou, queria transmitir por meio de um conceito, sobre determinado assunto.

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

Ele é construído através da ideia de alguma pessoa, que de tal forma tenta transformar algo que se passam na mente dela, ao mais perto da realidade possível.

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Que eles servem para representar o que os cientistas pesquisam por meio de conceitos e relações, criando assim uma “imagem” que até mesmo não conseguiríamos ver se não houvesse determinados modelos.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

Através do conhecimento científico pesquisas, experiências, são construídos pela razão e imaginação de alguém...

5. Por que os modelos mudam na ciência?

Porque ao longo da história, pessoas vão criando outros conceitos que podem mudar o que o antigo definiria, assim se adequando melhor.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

Novas teorias que se adaptam e são formados novos modelos através delas.

Estudante 4

QUESTÕES

1. Como você define o que é um modelo?

No contexto geral, um modelo seria a representação da realidade.

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

De acordo com o primeiro texto, entende-se que um modelo tem diferentes significados, mas no contexto geral, modelo é a representação da realidade. Já o segundo, dá a entender que modelo é a recriação “das coisas do universo”, visto que ela pode ser pequena demais (átomo) como também não conseguimos ir até elas (planetas, galáxias, etc.)

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Como mencionado antes, recriar algo.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

Eles constroem os modelos com base em teorias.

5. Por que os modelos mudam na ciência?

Porque o universo está constantemente mudando, coisas novas surgem todos os dias e para os cientistas comprovarem algo, os modelos precisam estar compatíveis com a realidade.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

As regras a serem seguidas, se um modelo passou nos testes, ele conseguiu comprovar a teoria, etc.

Estudante 5

QUESTÕES

1. Como você define o que é um modelo?

Modelos são construídos para que algo se torne mais próximo a realidade processos, objetos ou até mesmo ideias.

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

Dar realidade a algo que existe apenas em nossa imaginação, representação de uma série de coisas.

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Ferramenta criada para conhecer a realidade, que só conseguimos conhecer através de modelos criados.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

Com base em suas pesquisas teorias, razão e imaginação, não deixando de lado a matemática que é um fator fundamental, para a construção destes modelos.

5. Por que os modelos mudam na ciência?

Através das mudanças de modelo conseguimos aprimorar ainda mais, para que este chegue mais próximo da realidade.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

O fato de que um seja mais avançado que outro, ou seja que pareça mais com a realidade.

Estudante 6

QUESTÕES

1. Como você define o que é um modelo?

Um modelo pode ser a representação de uma série de coisas.

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

Modelo seria dar realidade (dar vida) a algo que só existe, supostamente em nossa mente.

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

A única forma tem de acessar a realidade são com os modelos que ele cria.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

Utilizam uma ferramenta intelectual poderosa: a matemática. Ela passa a ser então o constituinte destes modelos.

5. Por que os modelos mudam na ciência?

Todo modelo proposto é testado, incansavelmente, inúmeras vezes. Todas informações obtidas são dadas com experimentalmente. Assim vão mudando até o resultado final seja obtido.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

As suas alterações para melhor, o modelo que mais der certo, será o modelo mais aceito.

Estudante 7

QUESTÕES

1. Como você define o que é um modelo?

Modelos de objetos eletrônicos como celular, tablete, computadores etc.

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

Modelos são utilizados para definir através de teoria e conhecimento, que eles não podem ser pessoalmente.

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Definir teoricamente o que eles não podem ser pessoalmente, ou seja, acessar a realidade.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

Com materiais sólidos como isopor, madeira e ferro, utiliza o conceito e relações.

5. Por que os modelos mudam na ciência?

Por que com o tempo são feitas novas descobertas, novos conhecimentos são adquiridos e novos modelos são feitos, substituindo os anteriores.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

Seus dados após vários testes como por exemplo compara o modelo atômico de Rutherford com o modelo atômico quântico atual, assim são mais aceitos que outros.

Estudante 8

QUESTÕES

1. Como você define o que é um modelo?

Como representação de algo ou como “modelos” de carros, celulares etc.

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

Modelo tem diversos sentidos dependendo do contexto em que é usado.

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Um cientista cria modelos para representar uma parte da realidade que ele investiga, tendo conceitos e relações.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

Materiais sólidos e principalmente o uso de conceitos e relações.

5. Por que os modelos mudam na ciência?

Facilita no estudo de determinadas coisas.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

O embasamento do modelo nos conceitos e relações.

Estudante 9

QUESTÕES

1. Como você define o que é um modelo?

Algo como exemplo de uma determinada coisa, porém com vários modelos diferentes no mesmo ramo.

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

Que é algo que apresenta um padrão ou de beleza ou teoria.

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Seriam para mostrar como estudiosos em teorias e mostra-las na prática e na teoria.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

Com base em observações com práticas de acontecimentos.

5. Por que os modelos mudam na ciência?

Devido a chegada de novas ideias que os aperfeiçoam tornando os antigos obsoletos.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

Ele se mostra mais autêntico do que o outro um exemplo é o lamarckismo e o darwinismo.

Estudante 10

QUESTÕES

1. Como você define o que é um modelo?

Todas as informações que um modelo forma são confrontados com dos obtidos experimentalmente.

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

Modelo é algo que usamos para definir diversas coisas assim como: objetos, roupas, lugares ou até mesmo pessoas.

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Fazer uso de conceitos e relações e não apenas uso de coisas materiais.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

Matéria prima da ciência. São "matérias" intelectuais construídos pela imaginação e pela razão.

5. Por que os modelos mudam na ciência?

De acordo com o aprofundamento e outros valores de sentidos. Os modelos mudam conforme a ciência.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

Não é questão de gosto mas dependendo do modelo ele é mais aceito pelo outro pelo simples fato dele fazer mais sucesso que o outro.

Estudante 11**QUESTÕES**

1. Como você define o que é um modelo?

Algo que deve ser copiado ou algo que é mostrado como o certo a ser copiado. Uma pessoa, uma maquete, um desenho...

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

Que pode ser uma representação de diversas coisas, desde uma ideia, objeto ou um processo.

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Uma ferramenta criada pelos cientistas para tentar conhecer a realidade.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

A partir da matemática.

5. Por que os modelos mudam na ciência?

Porque o modelo usado pelo físico ele mesmo cria.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

Tendo os conceitos dele não contestados por nada e todos as teorias bateriam com o seu modelo.

Estudante 12**QUESTÕES**

1. Como você define o que é um modelo?

A palavra modelo varia de acordo com o contexto, existe modelo de passarela, ou modelo que serve com um "exemplo", até mais como explicação, e de como é constituído.

2. De acordo com o texto, o que você entendeu por modelo?

Modelo é a representação de ideias e conceitos imaginados por pessoas.

3. Qual seria, então, o papel dos modelos na Física?

Tem o papel de explicar, e ajuda a entendermos melhor a física e como funciona, proporcionando vida a imaginação, porém com provas reais que o modelo é a representação ideal.

4. Com que os físicos constroem os modelos científicos?

Com teorias, testes, provas e ajuda da matemática, também é importante salientar a importância da imaginação no processo de criação.

5. Por que os modelos mudam na ciência?

Porque a ciência evolui descobrimos que os conceitos são alterados e os modelos também, mudando o modelo é capaz de obter-se melhores resultado do por que ocorre tal fato. Porém todo modelo é provado e testado antes de ser aceito.

6. Que faz um modelo ser mais aceito que outro na ciência?

Sua ideia principal e representação, dois modelos diferentes podem representar uma mesma teoria, porém um desses é mais sofisticado e com diferenças sendo assim mais aceito que o outro.

APÊNDICE F**RESULTADO - QUESTIONÁRIO "O DISCRETO CHARME DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES"**

Questionário: O Discreto Charme das Partículas Elementares

Prezado Estudante,

este questionário é referente ao filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, procure responder as questões de acordo com as informações expostas no filme.

***Obrigatório**

Estudante E2

1. Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição? *

Elétron.

Comentário: E2 identificou corretamente a primeira partícula apresentada no filme.

2. Como você definiria uma partícula elementar após assistir ao filme? *

Eu definiria que os melhores exemplos destas partículas são o elétron de carga negativa, e o fóton, que origina a luz.

Comentário: o estudante não apresenta uma definição, mas exemplifica corretamente como partículas elementares como o elétron e o fóton.

3. Como você explicaria a função das partículas elementares na Natureza? *

-

Comentário: o estudante não respondeu.

4. Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do Universo? *

Não sei.

Comentário: Foi importante o estudante responder “não sei”, ou seja, demonstra que desconhece essa relação entre as partículas elementares.

5. Como podemos identificar uma partícula elementar? *

Elétrons, prótons e nêutrons.

Comentário: o estudante citou exemplos de partículas ao invés de responder como podemos identifica-las.

6. O que é o Modelo Padrão? *

É o significado da palavra átomo em sua origem grega, porém durante o século XX, a compreensão do átomo avançou resultando em grandes avanços tecnológicos que desfrutamos no século XXI.

Comentário: definição incorreta, pois mencionou a origem do átomo ao invés de definir o modelo padrão

7. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão? *

Os léptons, os quarks e os bósons.

Comentário: identificou corretamente as famílias de partículas.

8. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê? *

Sim, porque cada partícula é composta por massa, carga e rotação, podendo ser concebida como um mínimo círculo em estado de rotação.

Comentário: o estudante apresentou características intrínsecas das partículas de forma geral ao invés de relacionar somente aos prótons e nêutrons.

9. Como podemos explicar a diferença de massa entre prótons e nêutrons? Considere que a massa do próton é $m_p=1,67 \times 10^{-27} \text{kg}$ e a massa do nêutron $m_n=1,68 \times 10^{-27} \text{kg}$. *

Não sei.

Comentário: Foi importante o estudante responder “não sei”, ou seja, mesmo apresentando as diferentes massas não as relacionou.

10. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os. *

6.

Comentário: apenas colocou a quantidade de quarks sem ao menos identificar seus nomes.

11. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão? *

Esta partícula é o pósitron, que possui carga positiva ao contrário do elétron. Portanto ela é a antipartícula do elétron.

Comentário: o estudante se equivocou ao confundir o papel do elétron e associa-lo a sua antipartícula.

12. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os. *

3 os léptons, os quarks e os bósons.

Comentário: os identificou corretamente, porém não os associou aos seus neutrinos.

13. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão? *

Fóton é a luz constituída por minúsculas partículas elementares. Ele é o responsável por transmitir a interação eletromagnética.

Comentário: definição correta, mas escrita confusa.

14. Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as. *

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

Comentário: definição correta.

15. Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental? *

Os bósons W^+ , W^- , Z^0 são os responsáveis pela interação fraca, o glúon responsável pela interação forte.

Comentário: definição correta, mas incompleta, faltaram o gráviton e o fóton.

16. O que é bóson de Higgs? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele? *

É uma partícula subatômica, isto é, um dos mais fundamentais elementos do Universo. Os Cientistas usam os aceleradores de partículas para quebrar prótons (uma parte do átomo) em altíssima velocidade e tentar detectar, a partir dessas colisões, partículas menores, entre elas o bóson de Higgs.

Comentário: definição correta, mas não mencionou a hipótese dos cientistas.

17. Considerando o átomo de hidrogênio, explique o que mantém o elétron ligado ao núcleo? *

É que ele consiga atrair os corpos negativos, mas se ele possui uma eletrosfera que é negativa pode ser também que a sua maior distância é o núcleo que pode chegar de um corpo negativo que é o tamanho do raio da eletrosfera, devido a força de repulsão.

Comentário: apresentou uma resposta confusa, mas citou a eletrosfera associada a carga.

18. Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (formado por prótons e nêutrons) não se desintegre? *

Sim.

Comentário: resposta sem sentido.

19. O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas? *

É o inverso da matéria. As antipartículas possuem as mesmas características das partículas elementares, mas apresentam carga elétrica oposta. A relação entre as duas são destruídas e a liberação de uma alta quantidade de energia.

Comentário: definição correta.

20. O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão? *

É definida como tudo aquilo que pode ser dividido em partes, sendo que duas partes devem coincidir perfeitamente quando sobrepostas. Praticamente todas as partículas saem do mesmo molde, e o que parecem ser duas partículas diferentes são também duas formas de ver a mesma partícula.

Comentário: resposta correta.

21. As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas? *

Não sei.

Comentário: o estudante desconhece essa associação de leis.

22. Por que a pesquisa científica é importante para a humanidade? *

Porque desta forma, os resultados de pesquisa assumem a importância para a humanidade, trazendo novos conhecimentos para as pessoas.

Comentário: resposta correta, importante o estudante demonstrar sua concepção sobre a pesquisa científica.

23. O que é um acelerador de partículas? *

É um laboratório que estuda a colisão de partículas com altíssima velocidade para desvendar as estruturas da matéria.

Comentário: resposta correta.

24. Você tem um acelerador de partículas em casa? *

Não.

Comentário: resposta incorreta não conseguiu fazer a associação a objetos do cotidiano.

25. Você sabe o que é o LHC? *

É o maior acelerador de partículas do mundo.

Comentário: resposta correta.

26. Onde está localizado o LHC? Por que ele foi construído debaixo da terra? *

Ele está localizado na periferia da cidade de Genebra, na Suíça.

Comentário: resposta correta, porém não respondeu a segunda pergunta.

27. Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação? *

Acelerador provoca um aumento de velocidade em uma partícula carregada por meio de campos eletromagnéticos essa partícula é atirada contra um ponto específico, onde existem detectores que registram o evento. A única possibilidade é usando paredes de chumbo.

Comentário: resposta correta, porém não respondeu a segunda e terceira pergunta.

28. O LHC pode causar o fim do mundo por meio de um buraco negro? *

Não.

Comentário: resposta correta.

29. Depois de ver esse filme, como você explica a constituição da matéria?

Não sei.

Comentário: infelizmente mesmo com a abordagem do filme o estudante não demonstrou concepção alguma sobre a estrutura da matéria.

Questionário: O Discreto Charme das Partículas Elementares

Prezado Estudante,

este questionário é referente ao filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, procure responder as questões de acordo com as informações expostas no filme.

*Obrigatório

Estudante E7

1. Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição? *

Elétron.

Comentário: E7 identificou corretamente a primeira partícula apresentada no filme.

2. Como você definiria uma partícula elementar após assistir ao filme? *

A menor porção da matéria conhecida.

Comentário: o estudante definiu corretamente o conceito de partícula elementar.

3. Como você explicaria a função das partículas elementares na Natureza? *

Constituir toda matéria que vemos.

Comentário: o estudante identificou a função da matéria que observamos.

4. Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do Universo? *

No big Bang as partículas foram criadas dando origem a tudo que é matéria.

Comentário: o estudante fez a associação do big bang as partículas elementares a origem do Universo.

5. Como podemos identificar uma partícula elementar? *

Com um acelerador de partículas.

Comentário: o estudante respondeu corretamente uma das formas de identificar as partículas.

6. O que é o Modelo Padrão? *

O modelo e o que identifica todas as partículas elementares conhecidas até hoje com, tendo 13 partículas em sua tabela.

Comentário: descrição correta mas incompleta ao mencionar somente 13 partículas.

7. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão? *

Léptons e Quarks.

Comentário: faltou a identificação a família dos bósons.

8. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê? *

Sim por que não possuem nenhuma subestrutura.

Comentário: a resposta está incorreta, uma vez que prótons e nêutrons não são partículas elementares.

9. Como podemos explicar a diferença de massa entre prótons e nêutrons? Considere que a massa do próton é $m_p=1,67 \times 10^{-27} \text{kg}$ e a massa do nêutron $m_n=1,68 \times 10^{-27} \text{kg}$. *

Por que nêutrons como o nome já diz são partículas neutras, e prótons são partículas com mais cargas positivas do que negativas.

Comentário: o estudante diferenciou os prótons e nêutrons somente em relação a carga elétrica associada e não as partículas elementares.

10. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os. *

6, charm, bottom, strange, top, up, down.

Comentário: quantificou os quarks corretamente, mas não os justificou.

11. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão? *

É responsável pela carga negativa do elétron.

Comentário: o estudante associou apenas a carga do elétron.

12. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os. *

6, elétron, neutrino do elétron. Múon, neutrino do múon, tau, neutrino do tau.

Comentário: os identificou corretamente.

13. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão? *

Fóton e a partícula mediadora da força eletromagnética, e também é o quantum da radiação eletromagnética (incluindo a luz).

Comentário: definição correta.

14. Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as. *

Força nuclear forte, força nuclear fraca, eletromagnetismo e gravidade.

Comentário: definição correta.

15. Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental? *

Gráviton (ainda não descoberto) é mediador da gravidade, glúon é o mediador da força nuclear forte, fóton é mediadora do eletromagnetismo e os bósons W^+ , W^- e Z^0 são mediadores da força nuclear fraca.

Comentário: definição correta.

16. O que é bóson de Higgs? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele? *

É a partícula que deu massa a todas as outras partículas elementares segundo cientistas.

Comentário: definição correta.

17. Considerando o átomo de hidrogênio, explique o que mantém o elétron ligado ao núcleo? *

O átomo de hidrogênio apresenta um próton que possui carga positiva e um elétron com carga negativa. Considerando o princípio de que cargas de sinais opostos se atraem, podemos inferir que a força elétrica de atração que o próton exerce sobre o elétron impede que ele saia da eletrosfera do átomo.

Comentário: apresentou uma boa resposta, mas faltaram associar outras interações .

18. Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (formado por prótons e nêutrons) não se desintegre? *

Por culpa do glúon a partícula responsável pela força nuclear forte que os mantém juntos como se estivessem colados.

Comentário: definição correta.

19. O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas? *

E o oposto da matéria que conhecemos e as antipartículas como pósitron por exemplo formam a denominada antimatéria.

Comentário: definição correta.

20. O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão? *

Simetria e um lado parecido com outro, e é isso que mantém o equilíbrio no modelo padrão.

Comentário: resposta adequada.

21. As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas? *

Não.

Comentário: resposta correta.

22. Por que a pesquisa científica é importante para a humanidade? *

Para definir aquilo que não conhecemos como por exemplo a descoberta de novas partículas nos ajudando assim a definir a origem do universo.

Comentário: resposta correta, importante o estudante demonstrar sua concepção sobre a pesquisa científica.

23. O que é um acelerador de partículas? *

Uma máquina que nos ajuda a descobrir sobre a existência de novas partículas.

Comentário: resposta correta.

24. Você tem um acelerador de partículas em casa? *

Sim a televisão.

Comentário: resposta correta.

25. Você sabe o que é o LHC? *

É o maior acelerador de partículas do mundo.

Comentário: resposta correta.

26. Onde está localizado o LHC? Por que ele foi construído debaixo da terra? *

Na fronteira da França com a Suíça, e está embaixo da terra, por que o impacto gerado na colisão dos hádrons poderia destruir construções ao redor se ficasse na superfície.

Comentário: resposta correta.

27. Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação? *

Ao colidir hádrons e possível descobrir novas partículas, detectar as novas partículas descobertas, estudando a nova partícula.

Comentário: resposta correta, porém não respondeu a segunda e terceira pergunta.

28. O LHC pode causar o fim do mundo por meio de um buraco negro? *

Sim.

Comentário: resposta incorreta, mesmo essa questão sendo abordada no filme.

29. Depois de ver esse filme, como você explica a constituição da matéria?

A matéria é constituída por partículas elementares que são descobertas através de aceleradores de partículas com o LHC.

Comentário: resposta adequada.

Questionário: O Discreto Charme das Partículas Elementares

Prezado Estudante,

este questionário é referente ao filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, procure responder as questões de acordo com as informações expostas no filme.

***Obrigatório**

Estudante E10

1. Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição? *

Quark up e Quark Down.

Comentário: E10 identificou os quarks up e down, porém o elétron que foi a primeira partícula apresentada no filme.

2. Como você definiria uma partícula elementar após assistir ao filme? *

São elementos menores que formam a estrutura de qualquer matéria do universo.

Comentário: o estudante definiu corretamente o conceito de partícula elementar ao também associar a qualquer matéria.

3. Como você explicaria a função das partículas elementares na Natureza? *

-

Comentário: o estudante não respondeu.

4. Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do Universo? *

A relação unificada, pois, a uma relação entre as partículas e o universo pois as partículas e o universo pois as partículas são formadas depois do big bang e nos ajudam de várias formas como por exemplo a luz (fóton).

Comentário: o estudante relacionou desde o big bang as partículas elementares e origem do Universo.

5. Como podemos identificar uma partícula elementar? *

Partículas elementares só podem ser identificadas microscopicamente mais porem a visão não ser completa pois as partículas estão em movimento.

Comentário: o estudante respondeu que não é possível identifica-as uma vez que estão em movimento.

6. O que é o Modelo Padrão? *

É uma teoria que descreve as partículas fundamentais que constituem a matéria e as forças eletromagnética, forte e fraca.

Comentário: a definição está correta porém faltou mencionar a interação gravitacional.

7. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão? *

-

Comentário: o estudante não respondeu.

8. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê? *

Não pois são formados por quarks e nêutrons mais não fazem parte do modelo padrão.

Comentário: o estudante apresentou uma resposta contraditória, pois não associou quarks a partículas elementares e ainda mencionou que não fazem parte do modelo padrão.

9. Como podemos explicar a diferença de massa entre prótons e nêutrons? Considere que a massa do próton é $m_p=1,67 \times 10^{-27} \text{kg}$ e a massa do nêutron $m_n=1,68 \times 10^{-27} \text{kg}$. *

-

Comentário: o estudante não respondeu.

10. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os. *

6 quarks, up, down, charge, bottom, top, charmoso.

Comentário: quantificou os quarks corretamente, mas não os justificou.

11. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão? *

O elétron ajuda na formação do campo elétrico e também na interação com o fóton.

Comentário: o estudante identificou algumas características associadas ao elétron, porém não o relacionou ao modelo padrão.

12. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os. *

Existem 6 léptons, neutrino do elétron, elétron, múon, neutrino do múon, tau, neutrino do tau.

Comentário: os identificou corretamente.

13. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão? *

O fóton (responsável pela luz do planeta) é uma partícula de luz, mede a força eletromagnética e seu papel é iluminar o universo.

Comentário: definição correta.

14. Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as. *

Força gravitacional, força forte, força fraca e eletromagnética.

Comentário: definição correta.

15. Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental? *

Fótons, bósons e glúons.

Comentário: definição correta, mas incompleta faltou o gráviton e associar a interação.

16. O que é bóson de Higgs? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele? *

-

Comentário: o estudante não respondeu.

17. Considerando o átomo de hidrogênio, explique o que mantém o elétron ligado ao núcleo? *

-

Comentário: o estudante não respondeu.

18. Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (Formado por prótons e nêutrons) não se desintegre? *

Os nêutrons são capazes de reduzir ou mesmo eliminar a repulsão mais a força forte e 100 vezes mais que a eletromagnética e também a repulsão e ela liga o próton e o mantém neutro em relação ao elétron.

Comentário: definição correta.

19. O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas? *

Antimatéria é o inverso da matéria e a relação que tem entre as duas é que a antimatéria é composta por partículas que possuem a mesma característica como massa e rotação.

Comentário: definição correta.

20. O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão? *

Simetria é algo que pode ser dividido em duas partes exatamente iguais, a simetria pode ser percebida átomos das observações no modelo atômico.

Comentário: resposta adequada.

21. As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas? *

Não.

Comentário: resposta correta.

22. Por que a pesquisa científica é importante para a humanidade? *

Porque a pesquisa científica facilita a descoberta de novas partículas ou até confirmar sobre o big bang.

Comentário: resposta correta, importante o estudante demonstrar sua concepção sobre a pesquisa científica.

23. O que é um acelerador de partículas? *

Vários túneis que atingem vários quilômetros até se encontrar com os prótons e elétrons e se chocar com diversas partículas de movimento.

Comentário: resposta correta.

24. Você tem um acelerador de partículas em casa? *

Não.

Comentário: resposta incorreta não conseguiu fazer a associação a objetos do cotidiano.

25. Você sabe o que é o LHC? *

Acelerador de partículas.

Comentário: resposta correta.

26. Onde está localizado o LHC? Por que ele foi construído debaixo da terra? *

Localizado na fronteira da França com a Suíça.

Comentário: resposta correta, porém não respondeu à segunda pergunta.

27. Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação? *

É um feixe acelerado e passar a rodar em direção a um anel enquanto outro feixe acelerado roda em direção oposta até que eles entram em rota de colisão onde as forças elétricas e nucleares são intensas e novas partículas poderão ser criadas.

Comentário: resposta correta, porém não respondeu a segunda e terceira pergunta.

28. O LHC pode causar o fim do mundo por meio de um buraco negro? *

Sim ele pode causar um micro buraco negro mais o produto teria uma medida e massa tão insignificantes que teria dificuldades de absorver sequer um próton quanto mais um planeta inteiro.

Comentário: Justificativa correta, mas a resposta seria não.

29. Depois de ver esse filme, como você explica a constituição da matéria?

A matéria é dividida em partículas maciças e indivisíveis dominadas átomos e tem as mesmas massas e tamanhos.

Comentário: infelizmente mesmo com a abordagem do filme o estudante ainda descreve sua concepção de constituição da matéria segundo o modelo de Dalton.

Questionário: O Discreto Charme das Partículas Elementares

Prezado Estudante,

este questionário é referente ao filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, procure responder as questões de acordo com as informações expostas no filme.

*Obrigatório

Estudante E11

1. Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição? *

Quark up e Quark Down.

Comentário: E11 identificou os quarks up e down, porém o elétron que foi a primeira partícula apresentada no filme.

2. Como você definiria uma partícula elementar após assistir ao filme? *

São elementos menores que formam a estrutura de qualquer matéria do universo.

Comentário: o estudante definiu corretamente o conceito de partícula elementar e associou a qualquer matéria.

3. Como você explicaria a função das partículas elementares na Natureza? *

-

Comentário: o estudante não respondeu.

4. Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do Universo? *

A relação unificada, pois, a uma relação entre as partículas e o universo pois as partículas e o universo pois as partículas são formadas depois do big bang e nos ajudam de várias formas como por exemplo a luz (fóton).

Comentário: o estudante definiu em sua relação associou as partículas elementares e a origem do Universo desde o big bang.

5. Como podemos identificar uma partícula elementar? *

Partículas elementares só podem ser identificadas microscopicamente mais porem a visão não ser completa pois as partículas estão em movimento.

Comentário: o estudante respondeu que não é possível identifica-as uma vez que estão em movimento.

6. O que é o Modelo Padrão? *

É uma teoria que descreve as partículas fundamentais que constituem a matéria e as forças eletromagnética, forte e fraca.

Comentário: a definição está correta, porém faltaram algumas das interações.

7. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão? *

-

Comentário: o estudante não respondeu.

8. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê? *

Não pois são formados por quarks e nêutrons mais não fazem parte do modelo padrão.

Comentário: E 11 respondeu igual a E10, o estudante apresentou uma resposta contraditória, pois não associou quarks a partículas elementares e ainda mencionou que não fazem parte do modelo padrão.

9. Como podemos explicar a diferença de massa entre prótons e nêutrons? Considere que a massa do próton é $m_p=1,67 \times 10^{-27} \text{kg}$ e a massa do nêutron $m_n=1,68 \times 10^{-27} \text{kg}$. *

-

Comentário: o estudante não respondeu.

10. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os. *

6 quarks, up, down, charge, bottom, top, charmoso.

Comentário: quantificou os quarks corretamente, mas não os justificou.

11. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão? *

O elétron ajuda na formação do campo elétrico e também na interação com o fóton.

Comentário: E11 respondeu igual a E10.

12. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os. *

Existem 6 léptons, neutrino do elétron, elétron, múon, neutrino do muno, tau, neutrino do tau.

Comentário: os identificou corretamente.

13. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão? *

O fóton (responsável pela luz do planeta) é uma partícula de luz, mede a força eletromagnética e seu papel é iluminar o universo.

Comentário: definição correta.

14. Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as. *

Força gravitacional, força forte, força fraca e eletromagnética.

Comentário: definição correta.

15. Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental? *

Fótons, bósons e glúons.

Comentário: definição correta, mas incompleta faltou o gráviton e associar a interação.

16. O que é bóson de Higgs? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele? *

-

Comentário: o estudante não respondeu.

17. Considerando o átomo de hidrogênio, explique o que mantém o elétron ligado ao núcleo? *

Bósons de higgs e uma partícula subatômica que os físicos acreditam ser responsável por dar massa as demais partículas os cientistas acreditam que após o big Bang parte da energia irradiada congelou formando éter (campo de higgs 2 que criou uma espécie de viscosidade no vazio do espaço e fez com que as partículas se interagissem).

Comentário: resposta errada, provável resposta da questão 16.

18. Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (formado por prótons e nêutrons) não se desintegre? *

Os nêutrons são capazes de reduzir ou mesmo eliminar a repulsão mais a força forte e 100 vezes mais que a eletromagnética e também a repulsão e ela liga o próton e o mantém neutro em relação ao elétron.

Comentário: definição correta.

19. O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas? *

Antimatéria é o inverso da matéria e a relação que tem entre as duas é que a antimatéria é composta por partículas que possuem a mesma característica como massa e rotação.

Comentário: definição correta.

20. O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão? *

Simetria é algo que pode ser dividido em duas partes exatamente iguais, a simetria pode ser percebida através das observações no modelo padrão.

Comentário: resposta adequada.

21. As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas? *

Não.

Comentário: resposta correta.

22. Por que a pesquisa científica é importante para a humanidade? *

Porque a pesquisa científica facilita a descoberta de novas partículas ou até confirmar sobre o big bang.

Comentário: resposta correta, importante o estudante demonstrar sua concepção sobre a pesquisa científica.

23. O que é um acelerador de partículas? *

Vários tuneis que atingem vários quilômetros até se encontrar com os prótons e elétrons e se chocar com diversas partículas de movimento.

Comentário: resposta correta.

24. Você tem um acelerador de partículas em casa? *

Não.

Comentário: resposta incorreta não conseguiu fazer a associação a objetos do cotidiano.

25. Você sabe o que é o LHC? *

Acelerador de partículas.

26. Onde está localizado o LHC? Por que ele foi construído debaixo da terra? *

Localizado na fronteira da França com a Suíça.

Comentário: resposta correta, porém não respondeu à segunda pergunta.

27. Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação? *

É um feixe acelerado e passar a rodar em direção a um anel enquanto outro feixe acelerado roda em direção oposta até que eles entram em rota de colisão onde as forças elétricas e nucleares são intensas e novas partículas poderão ser criadas.

Comentário: resposta correta, porém não respondeu a segunda e terceira pergunta.

28. O LHC pode causar o fim do mundo por meio de um buraco negro? *

Sim ele pode causar um micro buraco negro mais o produto teria uma medida e massa tão insignificantes que teria dificuldades de absorver sequer um próton quanto mais um planeta inteiro.

Comentário: Justificativa correta, mas a resposta seria não.

29. Depois de ver esse filme, como você explica a constituição da matéria?

A matéria é dividida em partículas maciças e indivisíveis dominadas átomos e tem as mesmas massas e tamanhos.

Comentário: infelizmente mesmo com a abordagem do filme o estudante ainda descreve sua concepção de constituição da matéria segundo o modelo de Dalton.

Questionário: O Discreto Charme das Partículas Elementares

Prezado Estudante,

este questionário é referente ao filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, procure responder as questões de acordo com as informações expostas no filme.

*Obrigatório

Estudante E12

1. Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição? *

A primeira partícula é apresentada no modelo padrão na classificação de léptons, quarks e bóson mediador.

Comentário: E12 identificou os léptons, quarks e bóson mediador, porém o elétron que foi a primeira partícula apresentada no filme.

2. Como você definiria uma partícula elementar após assistir ao filme? *

Partículas elementares são constituintes da matéria.

Comentário: o estudante definiu corretamente o conceito de partícula elementar.

3. Como você explicaria a função das partículas elementares na Natureza? *

-

Comentário: o estudante não respondeu.

4. Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do Universo? *

A origem do universo é dada por partículas elementares, matéria antimatéria, vai muito além do prótons, nêutrons e elétrons.

Comentário: o estudante relacionou as partículas a origem do Universo associado a matéria e antimatéria.

5. Como podemos identificar uma partícula elementar? *

Se ela estiver no modelo padrão.

Comentário: a resposta foi incorreta, uma vez que a identificação se refere aos meios.

6. O que é o Modelo Padrão? *

O modelo padrão descreve as partículas elementares e suas interações, com o modelo padrão é possível classificar as partículas elementares.

Comentário: descrição correta associando a classificação, partículas e interações.

7. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão? *

Quarks, léptons e bósons.

Comentário: identificou corretamente as famílias de partículas.

8. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê? *

Sim, eles são formados por quarks up e down.

Comentário: identificou corretamente a constituição dos prótons e nêutrons.

9. Como podemos explicar a diferença de massa entre prótons e nêutrons? Considere que a massa do próton é $m_p=1,67 \times 10^{-27} \text{kg}$ e a massa do nêutron $m_n=1,68 \times 10^{-27} \text{kg}$. *

Tendo o valor da massa do próton como referência, afirma que a massa do nêutron é praticamente igual à massa do próton. Como o próton possui massa cerca de 2 mil vezes maior que a de um elétron, esta última é considerada desprezível.

Comentário: o estudante as diferenciou corretamente pela massa, mas não mencionou quanto as partículas.

10. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os. *

Top, bottom, charmoso, estranho, up e down. Os quarks up e down estão presentes nos prótons e nêutrons, os outros foram descobertos por experiências.

Comentário: respondeu adequadamente.

11. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão? *

O elétron faz parte da família dos léptons.

Comentário: identificou corretamente seu papel no modelo padrão.

12. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os. *

Elétron, neutrino do elétron, múon, neutrino do múon, tau neutrino do tau.

Comentário: os identificou corretamente.

13. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão? *

O fóton é o bóson mediador da interação eletromagnética.

Comentário: definição correta.

14. Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as. *

A força forte, força fraca, força eletromagnética e a força gravitacional.

Comentário: definição correta.

15. Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental? *

Os fótons são os bósons mediadores da força eletromagnética, e o gluôn é o mediador da força forte.

Comentário: definição correta, mas incompleta faltou o gráviton e os mediadores da força fraca e associar a interação.

16. O que é bóson de Higgs? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele? *

O bóson de Higgs é a partícula que segundo a teoria é responsável por dar massa a todas as outras partículas.

Comentário: definição correta.

17. Considerando o átomo de hidrogênio, explique o que mantém o elétron ligado ao núcleo? *

O átomo de hidrogênio apresenta um próton que possui carga positiva e um elétron com carga negativa. Considerando o princípio de que cargas de sinais opostos se atraem, podemos inferir que a força elétrica de atração que o próton exerce sobre o elétron impede que ele sai da eletrosfera do átomo.

Comentário: resposta adequada, mas faltaram algumas interações.

18. Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (formado por prótons e nêutrons) não se desintegre? *

Existe a força nuclear forte mediada pelos glúons, a força forte é muito mais intensa do que a força eletromagnética, existe uma competição entre as duas forças, o próton acaba se acomodando a uma distância do núcleo o que dá impressão que se repelem.

Comentário: definição correta.

19. O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas? *

Os quarks fazem parte da matéria, e os antiquarks da antimatéria, no início do universo forma formados da mesma proporção a matéria e antimatéria, com a evolução do universo a antimatéria foi suprimida, a antimatéria permeia o mundo nas reações subatômicas. Assim como existem as partículas existem as antipartículas, e a relação entre a antimatéria e antipartículas é que a física é simetria como existe um, por consequência existe o outro.

Comentário: definição correta.

20. O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão? *

Tomando de exemplo os léptons que tem 3 famílias, a é o elétron e neutrino do elétron, a segunda é o múon e nada mais natural que o o múon ter seu neutrino e assim por diante.

Comentário: não houve definição, mas exemplificação que poderia ter sido associada a antimatéria.

21. As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas? *

O mundo macroscópico tem muitas diferenças do mundo microscópico, o princípio da incerteza diz que é impossível saber com precisão absoluta o posicionamento das partículas.

Comentário: resposta correta, interessante o estudante ter relacionado o princípio da incerteza ao mundo microscópico.

22. Por que a pesquisa científica é importante para a humanidade? *

O estudo da ciência é muito importante porque é descoberto várias informações sobre o nosso mundo, e do universo.

Comentário: resposta correta, importante o estudante demonstrar sua concepção sobre a pesquisa científica.

23. O que é um acelerador de partículas? *

É um instrumento científico que é projetado para produzir partículas que existem no início do universo que existem ainda hoje, o acelerador serve para obter informações sobre o mundo das partículas.

Comentário: resposta correta.

24. Você tem um acelerador de partículas em casa? *

Sim, a televisão.

Comentário: resposta correta ao fazer a associação.

25. Você sabe o que é o LHC? *

É um colisor de hádrons.

26. Onde está localizado o LHC? Por que ele foi construído debaixo da terra? *

Fica em Genebra na Suíça, é debaixo da terra para poder blindar a radiação, e outro é que ninguém quer ter um acelerador de partículas como vizinho.

Comentário: resposta correta, porém na segunda pergunta foi incorreta.

27. Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação? *

O acelerador de partículas é um grande complexo de instrumentação que envolve o acelerador propriamente ditos e detectores que são um prolongamento dos nossos sentidos, no anel colisor tem dois feixes de partículas que caminham em sentidos opostos em alguns pontos desse anel existe a colisão das partículas e o resultado gera muita energia pode se transformar em massa, criar novas partículas, e essas novas partículas que são detectadas pelos detectores.

Comentário: resposta correta, porém não faltou a terceira pergunta.

28. O LHC pode causar o fim do mundo por meio de um buraco negro? *

Existe a criação de buracos negros, porém são muitos pequenos e não são suficientes para causar a destruição do mundo.

Comentário: resposta correta.

29. Depois de ver esse filme, como você explica a constituição da matéria?

A matéria é formada por partículas, é algo mais complexo do que se imagina, porém é possível dizer que matéria é tudo que ocupa lugar e espaço.

Comentário: resposta e justificativa correta

APÊNDICE G**RESULTADO - QUESTIONÁRIO SOBRE O VÍDEO: LICENCIATURA EM CIÊNCIAS
DA USP/UNIVESP TV – PARTÍCULAS ELEMENTARES**

3 A

Grupo A: Se o núcleo do átomo é constituído por partículas carregadas positivamente (prótons), por que esse núcleo não explode?

Prótons positivos e o núcleo negativo. As duas cargas são opostas, mas não se atraem, porque o núcleo forma uma barreira e junto com essa barreira fazendo com que partículas passem e acabe interagindo com essa barreira.

Grupo B: Se cargas elétricas negativas e positivas se atraem, por que os elétrons não são absorvidos pelo núcleo?

Porque o elétron tem energia acelerada e pode emitir radiação perdendo energia, enquanto prótons e nêutrons tem mais energia por estarem no núcleo. Talvez o elétron mudando de órbita vai perdendo energia e fica sem forças para chegar ao núcleo.

Grupo C: Se elétrons e prótons têm massa, qual o papel da interação gravitacional na estabilidade do átomo?

Como atualmente descobriram que os prótons e nêutrons não estão grudados, a interação gravitacional não deixa que os componentes do átomo se desagrupem, o mantendo estável.

Grupo D: E os nêutrons, qual o papel deles na estrutura do átomo?

Como o próprio nome diz, são partículas neutras, ou seja, não possuem carga elétrica. O seu papel é diminuir a força de repulsão entre os prótons no núcleo, lembrando que as cargas de mesmo sinal se repelem.

Grupo E: Teria sentido pensar que as partículas atômicas básicas (elétrons, prótons e nêutrons) poderiam estar constituídas por outras ainda mais elementares?

Naquela época, com aquelas condições, seria inviável pensar que as partículas seriam ainda mais elementares (divisíveis) mas com as tecnologias disponíveis hoje é bem provável que mais descobertas ocorram pois ainda não conseguiram dividir o elétron.

3 B

Grupo A: Se o núcleo do átomo é constituído por partículas carregadas positivamente (prótons), por que esse núcleo não explode?

Por causa dos “pilares” (nêutrons), que fortalecem a amizade entre os prótons, não os deixando se repelirem desestabilizando o núcleo do átomo.

Grupo B: Se cargas elétricas negativas e positivas se atraem, por que os elétrons não são absorvidos pelo núcleo?

Devido aos nêutrons.

Grupo C: Se elétrons e prótons têm massa, qual o papel da interação gravitacional na estabilidade do átomo?

Os elétrons e prótons orbitam o átomo de forma sincronizada isso ajuda na estabilidade.

Grupo D: E os nêutrons, qual o papel deles na estrutura do átomo?

Pelo que entendemos, os nêutrons foram descobertos depois, por Chadwice, um cientista inglês. São partículas atômicas.

Grupo E: Teria sentido pensar que as partículas atômicas básicas (elétrons, prótons e nêutrons) poderiam estar constituídas por outras ainda mais elementares?

Não, pois eles não podem ser constituídos.

3 C

Grupo A: Se o núcleo do átomo é constituído por partículas carregadas positivamente (prótons), por que esse núcleo não explode?

Porque ele não contém partículas carregadas negativamente e se tivesse partículas negativas elas iam entrar sua direção e a positiva entra.

Grupo B: Se cargas elétricas negativas e positivas se atraem, por que os elétrons não são absorvidos pelo núcleo?

Porque eles estão muito distantes do núcleo por estar na extremidade do átomo.

Grupo C: Se elétrons e prótons têm massa, qual o papel da interação gravitacional na estabilidade do átomo?

A gravidade exerce uma força sobre o átomo, e então ele pende para o lado mais pesado e assim tornando-o instável.

Grupo D: E os nêutrons, qual o papel deles na estrutura do átomo?

Nêutron é uma partícula neutra, ou seja, não possui carga elétrica, então em nossa concepção ele está estável.

Grupo E: Teria sentido pensar que as partículas atômicas básicas (elétrons, prótons e nêutrons) poderiam estar constituídas por outras ainda mais elementares?

Sim, pois a diferença de cada partícula básica, está na diferença de quantidade de energia entre elas.

APÊNDICE H

RESULTADO - QUESTIONÁRIO SOBRE A UNIDADE DE ENSINO POTENCIAL- MENTE SIGNIFICATIVA

Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física

Estudante E1 Data: 22/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

Pude aprender mais sobre o mundo das partículas, conteúdos que nunca tinha ouvido falar.

2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

Sim, agora percebo que a física está em tudo e que é muito legal você conhecer mais sobre esse mundo.

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadrinhos e vídeo)?

Os slides foram ótimos e bem resumidos. A história em quadrinhos foi bem legal e diferente. O vídeo muito explicativo e uma forma rápida de aprender. O jogo muito bacana, pois foge da realidade, eu mesma não achava que tinha jogo sobre partículas e foi bem legal mesmo.

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

Foi bem cansativo, porém foi bom para ajudar a entender mais e compreender o assunto.

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

Muito legal, além de aprender fazer o mapa fazemos o nosso próprio e foi legal compartilhar ideias em um mapa.

Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física

Estudante E2 Data: 22/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

Eu aprendi que as partículas elementares são as menores partículas existentes no universo e que os prótons e elétrons não são necessariamente partículas elementares. Foi interessante, pois aprendi conceitos que eu não conhecia ainda.

2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

Sim, aprendi mais profundamente sobre as partículas elementares, inclusive sobre as famílias dos léptons, entendi sobre os quarks, bósons, entre outros.

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadrinhos e vídeo)?

Com os slides, aprendi os conceitos específicos. Com a história em quadrinhos, aprendi mais especificamente sobre os físicos como, por exemplo J.J. Thomson. Com os vídeos, aprendi sobre o funcionamento e como ocorre cada partícula no universo. Com o jogo, aprendi mais sobre as partículas e foi divertido.

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

Os questionários me ajudaram a compreender melhor o assunto. A linha do tempo me fez entender sobre os físicos. O texto me fez entender sobre os conceitos.

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

Os mapas conceituais são importantes para organizar os conceitos e os físicos.

**Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física**

Estudante E3 Data: 22/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

O conteúdo apresentado esclareceu algumas dúvidas e aprendi outras coisas, as quais eu não tinha o conhecimento, como as partículas elementares presentes nos átomos entre outras.

2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

Sim, pois vimos outros conceitos que mudou o nosso conhecimento prévio sobre as partículas elementares, os modelos atômicos.... Foram construídos através das diversas formas apresentadas em sala de aula.

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadros e vídeo)?

Achei interessante, pois tivemos formas diferenciadas de entendermos e praticarmos o assunto apresentado.

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

Com os materiais didáticos a professora apresentou de maneira objetiva e clara sobre o modelo padrão das partículas elementares, conseqüentemente aprendi mais rápido.

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

Foi simples e mais prática de aprendermos.

**Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física**

Estudante E4 Data: 22/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

Foi um conhecimento mais aprofundado sobre as partículas elementares. O que eu sabia antes era muito superficial, o que era ensinado nas salas de aula.

2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

Me fez entender que a ciência muda a cada dia. O que os cientistas sabem hoje é muito mais aprofundado do que eles sabiam no século passado. Os conhecimentos científicos são construídos através de teorias e experimentos que tentam comprovar essas teorias.

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadros e vídeo)?

Gostei, estava rico em imagens. O vídeo foi o que mais ajudou a entender o conteúdo.

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

Gostei, tirando o texto que estava longo, o resto foi legal de fazer, principalmente a linha do tempo.

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

Muito importante e útil, pois eles são resumidos e seguem uma sequência de raciocínio, o que facilita o entendimento.

Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física

Estudante E5 Data: 22/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

Pude ampliar meu conhecimento de modo geral sobre partículas elementares e estudar especificamente sobre seus elementos.

2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

Esses conhecimentos são construídos gradativamente, conforme a elevação de novas tecnologias.

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadrinhos e vídeo)?

As aulas de slides foram de extrema importância e conhecimento, conteúdo bem explicado. O uso de histórias em quadrinhos foi um meio dinâmico para ensinar o conteúdo. Vídeo possuía muita informação de importância. O jogo também foi uma maneira dinâmica de trazer o conteúdo.

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

Todas atividades foram feitas de maneira muito dinâmica para facilitar o entendimento dos estudantes.

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

O uso do mapa é importante para facilitar a organizar as informações de um determinado conteúdo.

Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física

Estudante E6 Data: 22/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?
Aumentei meu entendimento sobre partículas elementares de um átomo em modo geral, e também conhecimento sobre seus modelos atômicos da física.
2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?
Houve algumas mudanças, pois ao longo dos anos a física de partículas vem se atualizando e mudando seus conceitos.
3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadrinhos e vídeo)?
As aulas de slides, história em quadrinhos e vídeo, foram boas, mas a aula que mais me entreteu e que mais me interessou foi o jogo.
4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?
Não respondeu.
5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?
Foi um teste de conhecimento, para saber o que entendemos sobre a matéria das partículas elementares.

**Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física**

Estudante E7

Data: 27/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?
O conhecimento dos modelos na Física e a descoberta de novas partículas, além de me fornecer novos conceitos físicos.
2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

Sim, aprendi novas definições de palavras e meu conceito sobre ciência mudou bastante, que são constituídos com pesquisa e estudos ao longo do tempo com modelos padrões e experimentos.

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadros e vídeo)?

São ótimas aulas, que de forma diferenciada nos ajudam a entender com imagens, sons e vídeos, conhecimentos da física e conceitos novos e antigos.

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

São bons ajudam a ter um melhor entendimento da física através de perguntas e estudos.

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

São mapas que de forma pessoal ajudam a física obter melhores conceitos para uma futura elaboração de projetos e experimentos, além de modelos padrões.

**Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física**

Estudante E8 Data: 27/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

Trouxe muitos conhecimentos sobre o assunto que eu ainda não conhecia.

2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

Sim, os cientistas fazem diversos modelos e os estudam para chegar a um resultado exato.

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadros e vídeo)?

Gostei muito pois foi divertido e facilitou na aprendizagem.

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

Ajudou na aprendizagem.

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

Facilita a entender o assunto.

Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física

Estudante E9 Data: 27/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

Aprendi sobre partículas que nunca haviam mencionado para mim.

2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

Não, como é feito ainda acho o mesmo.

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadros e vídeo)?

Top, muito bom, boa introdução, e métodos diferenciados para instruir.

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

O questionário me fez pensar como funciona sem entender sobre.

O estudante achou que não tinha feito os questionários.

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

Como se fosse uma pirâmide, mostrando as ramificações, particularmente prefiro entender uma teoria dessa forma.

Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física

Estudante E10 Data: 22/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

Várias coisas em relação a isso, coisas que eu nem sabia e descobri.

2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

Mudou bastante coisa e ao mesmo tempo bem confuso.

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadrinhos e vídeo)?

Bom eu gostei muito achei bem diferente as experiências aprendi muito com todos os slides me ajudou bastante. A história em quadrinhos também e o vídeo e o jogo foram muito bons deu uma ajudada boa.

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

Por mim teve vários pontos positivos aprendi bastante.

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

Essa parte eu não entendi muito bem, mas já fez desenha o mapa.

**Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física**

Estudante E11 Data: 22/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

Conhecimento sobre as partículas elementares.

2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

A mudança foi nos modos de ver e estuda-los.

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadrinhos e vídeo)?

Os slides foi uma aula normal a apresentação, a história, os vídeos, o jogo, foram aulas bem diferentes e interessantes.

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

O questionário tudo normal, a linha do tempo foi interessante.

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

Diferenciado, ajuda a melhor entender.

Questionário sobre a Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em
Ensino de Física

Estudante E 12 Data: 22/11/2017

Prezado Estudante,

Este questionário tem por finalidade saber a opinião do estudante a respeito da Unidade de Ensino: O Mundo das Partículas, a qual foi desenvolvida o Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares. Pense um pouco antes de responder.

1. O que as aulas, sobre o conteúdo Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares trouxe de novo, em termos de conhecimento para você?

Pude perceber que o átomo é constituído por muito mais que elétron, próton e nêutron. É muito mais complexo do que pude imaginar, descobri e conheci praticamente um mundo que não conhecia.

2. Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção do que é ciência. E como esses conhecimentos são construídos?

Antes de conhecer eu achava que ciência era somente algo que provava de uma maneira lógica os acontecimentos, mas não é só isso, existem fatores envolvidos como os modelos que foram apresentados e de como são feitas as pesquisas.

3. Qual sua opinião sobre as aulas (slides ou apresentações eletrônicas, história em quadrinhos e vídeo)?

Os slides é uma aula meio que padrão, porém tem eficácia. A história em quadrinhos é algo mais dinâmico e lúdico que faz o estudante ter um interesse maior despertado, assim como o vídeo. O jogo ao meu ver foi muito interessante porque é algo totalmente diferente realmente prende a atenção.

4. Qual sua opinião sobre as atividades (questionários, linha do tempo e texto)?

É algo dinâmico que organiza o pensamento e faz ver o quanto realmente você aprendeu.

5. Qual sua opinião sobre o uso de mapas conceituais nas apresentações?

É muito didático é uma forma de organizar o pensamento.
