

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA DE
PARTÍCULAS DE FORMA INTEGRADA AOS
CONTEÚDOS TRADICIONALMENTE ABORDADOS
NO ENSINO MÉDIO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Lisiane Barcellos Calheiro

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA DE PARTÍCULAS DE
FORMA INTEGRADA AOS CONTEÚDOS
TRADICIONALMENTE ABORDADOS
NO ENSINO MÉDIO**

Lisiane Barcellos Calheiro

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde**

Orientadora: Profa. Dra. Isabel Krey Garcia

Santa Maria, RS, Brasil

2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Barcellos Calheiro, Lisiane
INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA DE PARTÍCULAS DE FORMA
INTEGRADA AOS CONTEÚDOS TRADICIONALMENTE ABORDADOS NO
ENSINO MÉDIO / Lisiane Barcellos Calheiro.-2014.
186 p.; 30cm

Orientadora: Isabel Krey Garcia
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e
Saúde, RS, 2014

1. Aprendizagem significativa 2. Física de partículas
3. Eletricidade 4. Magnetismo 5. Unidade de ensino
potencialmente significativa I. Krey Garcia, Isabel II.
Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde**

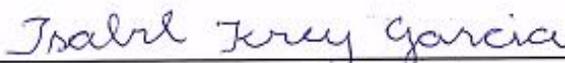
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA DE PARTÍCULAS DE FORMA
INTEGRADA AOS CONTEÚDOS TRADICIONALMENTE
ABORDADOS NO ENSINO MÉDIO**

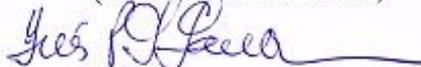
elaborada por
Lisiane Barcellos Calheiro

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

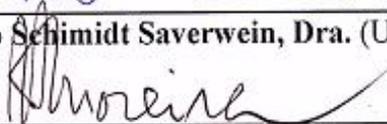
COMISSÃO EXAMINADORA:



Isabel Krey Garcia, Dra.
(Presidente/Orientador)



Inês Prietro Schmidt Saverwein, Dra. (UFSM)



Marco Antonio Moreira, Dr. (UFRGS)

Santa Maria, 9 de abril de 2014.

Dedico este trabalho aos meus três amores:
meu filho Pedro, fonte de vida e eterno amor,
meu marido Adriano, pelo carinho e dedicação e
minha mãe Naysa (*in memoriam*) por ter me ensinado tudo,
principalmente o valor da educação.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me amparar nos momentos difíceis, pela presença constante em minha vida e pela família maravilhosa que me deu, pois sem ela eu não seria nada.

Aos meus amores, meu filho Pedro e meu marido Adriano por tudo que representam na minha vida, por estarem sempre ao meu lado me apoiando com amor, paciência e dedicação. Não existem palavras para agradecer ao meu marido pelas incansáveis leituras, correções e dicas. Sem você não teria conseguido. Amo vocês.

Aos meus irmãos Iran, Edina e Arlei e ao meu sobrinho Naiguel pela ajuda, amor e incentivo em todos os momentos de minha vida.

Aos meus sogros por acreditarem em mim e por terem entendido as minhas ausências neste ano difícil que passamos.

Meu muito obrigada à professora Isabel Krey Garcia pela orientação, oportunidade, ensinamentos, apoio e confiança sempre demonstrados.

Ao professor e amigo Joecir Palandi sou muito grata pela ideia do trabalho, incentivo, dedicação, paciência e disposição para as discussões envolvendo a Física. Também pela amizade, exemplo de pessoa e de profissional.

Aos meus amados alunos e alunas da turma 301/2013 da Escola Estadual Augusto Ruschi, que não mediram esforços para realizar as atividades propostas em sala de aula, com responsabilidade e dedicação, esses momentos se eternizaram.

Ao colega André pela amizade e companheirismo nestes dois anos de mestrado, pelas conversas regadas a café, pelas trocas de ideias e dicas durante as madrugadas no Facebook, por compartilhar as dificuldades e ajudar a saná-las.

Aos meus amigos Rosane e Régis pelo incentivo e carinho. Mesmo no momento mais difícil de suas vidas sempre estiveram do meu lado.

A minha nova colega e amiga Juliana por ter me dado força, por me ouvir e nunca ter me deixado sozinha nos momentos finais desta dissertação.

Agradeço aos professores Cristiane Muenchen, Inês Prieto Schmidt Sauerwein e Marco Antonio Moreira, por participarem da minha banca examinadora e pela disponibilidade em avaliar e contribuir com este trabalho.

Aos professores Dartanhan, Denardin e Magnago do GEF/UFSM pelo incentivo e pela formação continuada sempre proporcionada.

Ao meu amigo Leandro que mesmo a distância sempre me incentivou e acreditou no meu trabalho.

Aos colegas do Ruschi que colaboraram e me apoiaram no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores e colegas PPGECQV pela convivência e contribuições neste período.

À UFSM por contribuir com minha formação acadêmica e a FAPERGS pelo auxílio financeiro na realização deste trabalho.

Aos meus amigos pelas palavras de incentivo e pelo apoio nos momentos em que o cansaço estava quase vencendo. Obrigada!

“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

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA PARTÍCULAS DE FORMA INTEGRADA AOS CONTEÚDOS TRADICIONALMENTE ABORDADOS NO ENSINO MÉDIO

Autora: LISIANE BARCELLOS CALHEIRO
ORIENTADORA: PROFA. DRA. ISABEL KREY GARCIA
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 09 de abril de 2014.

Apresentamos, neste trabalho, uma pesquisa que trata da inserção de tópicos de Física de Partículas integradas aos conteúdos tradicionalmente estudados no Ensino Médio. Também uma proposta de como esses conteúdos podem ser trabalhados, e sobre a contribuição dessa prática na ocorrência de uma aprendizagem significativa. A pesquisa consiste na elaboração, aplicação e avaliação de duas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS, que são sequências didáticas fundamentadas em teorias de aprendizagens que favorecem a aprendizagem significativa dos alunos. A pesquisa foi implementada em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio de uma Escola Estadual de Santa Maria, RS. Na primeira UEPS, desenvolvida no segundo trimestre de 2013, abordaram conceitos de partícula elementar e eletricidade. Foram aplicadas sequências didáticas que iniciaram com o estudo dos modelos atômicos integrando os tópicos de partículas elementares, carga elétrica, quantização e processos de eletrização. Na segunda UEPS, aplicada no terceiro trimestre de 2013, o enfoque abordado teve como premissa estudar as interações fundamentais a partir da ideia de campo, integrado-as aos conteúdos de campo elétrico e campo magnético. Tal inserção objetivou estimular o interesse sobre temas referentes à Física Moderna e Contemporânea, que têm relação com o cotidiano dos alunos. Desenvolvemos, através das UEPS, atividades visando promover a aprendizagem significativa e a construção do conhecimento em sala de aula, pois os conteúdos envolvidos são complexos, o que torna sua inserção um desafio para o professor do Ensino Médio, implicando em mudanças nas suas práticas pedagógicas. A pesquisa evidenciou que a inclusão dos tópicos de Física de Partículas integradas aos conteúdos de eletricidade e magnetismo, através de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, trouxe resultados satisfatórios na aprendizagem dos estudantes, estes verificados através da avaliação qualitativa das atividades desenvolvidas durante o ano. A análise feita dos resultados obtidos com os mapas conceituais e os questionários respondidos na primeira UEPS demonstrou indícios de aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Física de Partícula, Aprendizagem Significativa, Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS, Eletricidade, Magnetismo.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Education in Sciences:
Chemistry of Life and Health
Federal University of Santa Maria

INCLUSION OF TOPICS OF PHYSICS PARTICLES INTEGRATED TO THE SUBJECTS TRADITIONALLY STUDIED AT HIGH SCHOOL

AUTHOR: LISIANE BARCELLOS CALHEIRO
ADVISOR: PROFA. DRA. ISABEL KREY GARCIA
Date and Location of Presentation: April 09, 2014, Santa Maria

It is presented in this work a study about the inclusion of topics of physics of particles integrated to the traditionally subjects studied on high school. It is also presented a proposal of how these contents can be used, and the contribution of this practice on the occurrence of a meaningful learning. The survey consists in the development, implementation and evaluation of two Potentially Meaningful Teaching Units - PMTU, which are didactic sequences grounded in theories of learning that foster students to meaningful learning. The survey was implemented in a third grade high school class in a State School of Santa Maria, RS. In the first PMTU, developed in the second quarter of 2013, it was addressed concepts of elementary particle and electricity. Didactic sequences that began with the study of atomic models integrating the topics of elementary particles, electrical charge, quantization and electrification processes were applied. In the second PMTU, applied in the third quarter of 2013, the focus approached had as premise to study the Fundamental Interactions from the idea on field, integrating them to the contents of electric and magnetic fields. Such integration aims to stimulate interest on topics related to Modern and Contemporary Physics, which are related to students daily life. It was developed through the PMTU activities aiming to promote meaningful learning and knowledge construction in the classroom, since elements involved are complex, which makes their integration a challenge for the high school teacher, resulting in changes in their teaching practices. The research showed that the inclusion of topics of physics of integrated particles into the contents of electricity and magnetism, through potentially meaningful teaching units, showed satisfactory results in student learning, results verified by qualitative assessment of the activities undertaken during the year. The analysis of the results obtained with the conceptual maps and questionnaires answered in the first PMTU showed signs of meaningful learning.

Keywords: Particle of Physics, Meaningful Learning, Potentially Meaningful Teaching Units - PMTU, Electricity, Magnetism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A aprendizagem significativa na visão de Novak (Moreira,2009).....	44
Figura 2 – Modelo triádico de Gowin (Moreira, 2009).....	45
Figura 3 – Representação esquemática do modelo ausubeliano de diferenciação conceitual progressiva. Moreira e Masini (2011).....	47
Figura 4 – Imagens da atividade - “Espalhamento de Rutherford”.....	63
Figura 5 – fotos da atividade – “ Processos de Eletrização.....	65
Figura 6 – Fotos dos materiais para o experimento 3 realizados na atividade 1.....	74
Figura 7 – Fotos dos experimentos 2 e 4 realizados na atividade 1.....	74
Figura 8 – Resposta do aluno C para questão 6.....	87
Figura 9 – Resposta do aluno P para questão 6.....	88
Figura 10 – Mapa livre elaborado pela dupla B.....	103
Figura 11 – Mapa livre elaborado pela dupla M.....	104
Figura 12 – Mapa livre elaborado pela dupla C.....	105
Figura 13 – Mapa livre elaborado pela dupla I.....	106
Figura 14 – Mapa livre elaborado pela dupla K.....	107
Figura 15 – Mapa livre elaborado pela dupla B.....	109
Figura 16 – Mapa livre elaborado pela dupla M.....	109
Figura 17 – Mapa livre elaborado pela dupla C.....	110
Figura 18 – Mapa livre elaborado pela dupla D.....	111
Figura 19 – Mapa livre elaborado pela dupla J.....	111
Figura 20 – Mapa livre elaborado pela dupla B.....	112
Figura 21 – Mapa livre elaborado pela dupla C.....	113
Figura 22 – Mapa livre elaborado pela dupla M.....	114
Figura 23 – Mapa livre elaborado pela dupla K.....	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Coleções PNLD de Física (Fonte: adaptado do guia do livro didático de Física, PNLD – 2012.....	35
Quadro 2 – levantamento dos tópicos de Física de Partículas nas coleções PLND -2012.....	36
Quadro 3 – Síntese do plano de ensino oficial da escola.....	55
Quadro 4 – Síntese do plano de ensino proposto e implementado.....	56
Quadro 5 – Conceitos elaborados para o mapa livre.....	60
Quadro 6 – Itens da questão 1 e o número de respostas.....	81
Quadro 7 – Itens da questão 2 e o número de respostas.....	82
Quadro 8 – Itens da questão 4 e o número de respostas.....	83
Quadro 9 – Itens da questão 3 e o número de respostas.....	84
Quadro 10 – Itens da questão 7 e o número de respostas.....	85
Quadro 11 – Itens da questão 6 e o número de respostas.....	86
Quadro 12 – Itens da questão 8 e o número de respostas.....	88
Quadro 13 – Itens da questão 10 e o número de respostas.....	89
Quadro 14 – Itens da questão 11.....	90
Quadro 15 – Respostas dos alunos da questão 1 do questionário final.....	92
Quadro 16 – Respostas dos alunos transcritas da questão 8.....	95
Quadro 17 – Respostas dos alunos transcritas da questão 10.....	96
Quadro 18 – Rol de conceitos para categorização dos mapas.....	100
Quadro 19 – Critérios de categorização.....	101
Quadro 20 – Relação das categorias com os mapas.....	102

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação dos questionários inicial e final das questões 2,3,4,6 e 7...	93
Gráfico 2 – Comparação dos questionários inicial e final das questões 7 e 9.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EPEF	Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
FMC	Física Moderna e Contemporânea
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LHC	Large Hadron Collider
MEC	Ministério de Educação
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais Complementares
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UNIFRA	Centro Universitário Franciscano

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Programa referência da Física para 3ª série – PS3/UFSM.....	171
Anexo 2 – Partes dos registros do diário.....	172
Anexo 3 – Textos de apoio referentes aos modelos atômicos.....	174
Anexo 4 – Linha do tempo elaborada pelos alunos.....	183

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	131
Apêndice 2 – Primeira UEPS – Integração entre eletricidade e partículas elementares.....	132
Apêndice 3 – Questionário inicial.....	135
Apêndice 4 – Atividade “O Espalhamento de Rutherford” – adaptado.....	139
Apêndice 5 – Atividade experimental – processos de eletrização.....	141
Apêndice 6 – Slides com aulas da primeira UEPS.....	144
Apêndice 7 – Exercícios de fixação – questões adaptadas.....	148
Apêndice 8 – Roteiro e questões sobre o filme “O discreto charme das partículas elementares”.....	150
Apêndice 9 – Avaliação somativa individual.....	151
Apêndice 10 – Questionário final.....	153
Apêndice 11 – Segunda UEPS – Interações fundamentais/campo elétrico e magnetismo.....	156
Apêndice 12 – Atividade com figuras para obtenção dos subsunçores de interações.....	160
Apêndice 13 – Roteiros das atividades experimentais.....	163
Apêndice 14 – Exercícios de fixação.....	165
Apêndice 15 – Avaliação Individual.....	167
Apêndice 16 – Pôster do Modelo Padrão apresentado aos alunos.....	169

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA.....	17
1.1 Problema de pesquisa.....	21
1.2 Objetivo geral.....	22
1.3 Objetivos específicos.....	22
1.4 Estrutura da Pesquisa.....	22
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	25
2.1 Revisão da literatura em periódicos, eventos e dissertações	25
2.1.1 Revisão da literatura em periódicos.....	25
2.1.2 Revisão da literatura em anais de eventos.....	29
2.1.2.1 Descrição dos trabalhos do ENPEC.....	29
2.1.2.2 Descrição dos trabalhos do EPEF.....	30
2.1.2.3 Descrição dos trabalhos do SNEF.....	30
2.1.3 Revisão da literatura em dissertações e teses.....	32
2.2 Uma breve análise de tópicos de Física Partículas presentes nos livros didáticos.....	33
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	39
3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.....	39
3.2 Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Novak e Gowin.....	43
3.3 Mapas conceituais.....	46
3.4 Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira.....	48
3.5 Unidades de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS.....	49
4 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....	53
4.1 Contexto da pesquisa.....	54
4.2 Instrumento de coleta de dados.....	54
4.3 O plano de ensino.....	55
4.4 Descrição das UEPS.....	56
4.4.1 Primeira UEPS – partículas elementares e eletricidade.....	57
4.4.2 Segunda UEPS – integração entre interações fundamentais, campo elétrico e campo magnético.....	70

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	79
5.1 Análise dos questionários aplicados durante a primeira UEPS.....	79
5.1.1 Resultados do questionário inicial.....	79
5.1.2 Comparação dos resultados dos questionários.....	91
5.2 Análise dos mapas desenvolvidos durante a aplicação da primeira UEPS.....	98
5.2.1 Critérios utilizados na análise qualitativa e classificação das categorias dos mapas.....	99
5.2.2 Resultados – mapas livres.....	102
5.2.3 Resultados – mapas conceituais construídos após o organizador prévio.....	108
5.2.4 Resultados – mapas conceituais elaborados na avaliação da aprendizagem.....	112
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
APÊNDICES.....	131
ANEXOS.....	171

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Há séculos a humanidade acompanha as transformações em nosso planeta com atenção e curiosidade, e tenta entendê-las seja através do estudo dos fenômenos físicos observáveis, seja através do estudo dos constituintes da matéria, em constante evolução.

A Física de Partículas, neste contexto, é a área da Física que se dedica a entender os constituintes últimos da matéria e suas interações. Ao estudarmos e ensinarmos este tópico, pretendemos esclarecer conceitos científicos que alimentam nossa curiosidade, fornecendo aos alunos conhecimentos que possibilitem entender os constituintes básicos de que somos formados e sua relação com os fenômenos físicos.

Abordamos neste trabalho uma proposta de inserção de tópicos de Física de Partículas no Ensino Médio, baseada na construção de duas Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), bem como suas contribuições para a ocorrência de uma aprendizagem significativa.

Durante a minha atuação profissional sempre procurei utilizar metodologias diferenciadas em sala de aula, tais como atividades experimentais, uso de hipermídia, mapas conceituais, entre outras. Desta forma, busco encontrar maneiras de amenizar as dificuldades de aprendizagem por parte dos alunos e sua falta de interesse pelos conteúdos de Física, pois, a meu juízo, o Ensino de Física é visto como de difícil compreensão, o que se comprova pelos altos índices de reprovação na disciplina de Física.

Neste contexto, percebemos que o ensino de Ciências em geral e de Física, mais especificamente, não tem evoluído satisfatoriamente nas escolas de Ensino Médio. Mesmo com a grande quantidade de pesquisas e projetos desenvolvidos nos cursos de pós-graduação nas últimas décadas, os alunos continuam sendo ensinados tendo como base a resolução de exercícios e conteúdos que seguem o livro-texto, sem contextualização com seu cotidiano. Em especial no ensino de Física, seja na escola média ou na formação inicial, os conteúdos são apresentados como resultado final, sem focar no processo de construção do conhecimento.

A maioria dos professores da escola de Ensino Médio ainda centra suas aulas nos conteúdos clássicos, que são encontrados tradicionalmente nos currículos de Física e fazem parte do projeto pedagógico das escolas. Estes currículos dividem a Física em Mecânica, Calorimetria, Ondulatória, Eletricidade, Magnetismo e Ótica, e que são ministrados nas

escolas com base na transmissão e na reprodução do conhecimento, na forma de conceitos, leis e fórmulas, totalmente fragmentados e desarticulados da realidade.

Segundo Ostermann e Moreira (2001) grande parte das escolas não desenvolve aspectos conceituais da Física, recaindo numa ênfase excessiva em equações e problemas simples de aplicação das mesmas.

Em nossa experiência, percebemos que o aluno de Ensino Médio não interage de forma esperada com assuntos relacionados ao desenvolvimento científico aos quais tem contato diariamente, em torno das mais variadas áreas científicas, divulgados pelos meios de comunicação ou acessados cotidianamente em aparelhos como telefone celular, televisão, computador, etc.

Diferentemente, entendemos que o ensino de Física não se restringe apenas à Física Clássica, não se limitando a algo acabado, como normalmente é apresentado nos currículos. Esta evoluiu e está sempre em construção. De forma geral podemos dizer que a denominada Física Moderna e Contemporânea (FMC), desenvolvida a partir do século XIX, quase não é abordada no Ensino Médio, onde deveriam ser trabalhados conceitos que servem de base para a compreensão dos fenômenos da natureza e construção do conhecimento científico.

As reformas curriculares ocorridas há mais de duas décadas, explicitadas na legislação, tiveram como objetivo iniciar um processo de mudanças nas práticas docentes e nos currículos. A lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (2000) e suas orientações complementares (PCN+) (2006) propostos pelo Ministério de Educação (MEC), procuram criar uma nova identidade para o Ensino Médio, voltada à aprendizagem de conceitos científicos de forma contextualizada, com ênfase em habilidades e competências em detrimento de uma simples apresentação de listas de conteúdos. As reformas ressaltaram a necessidade dos estudantes desenvolverem uma visão de mundo atualizada em todas as áreas do conhecimento. Neste conjunto de mudanças é relevante destacar as competências que os alunos devem ter ao terminar o Ensino Médio, conforme os PCN (2000):

Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstrará: I – domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna; II – conhecimento das formas contemporâneas de linguagem; III – domínio dos conhecimentos de Filosofia e de Sociologia necessária ao exercício da cidadania”. (PCN, 2000, p.33).

Estas mudanças sugeridas nos PCN indicam uma possibilidade de uma alteração curricular no sentido de inserir temas que aproximem os conteúdos tradicionalmente trabalhados nos currículos com o cotidiano, contribuindo assim com a formação dos estudantes.

Para a disciplina de Física, especificamente, não se trata de abandonar os conteúdos tradicionais, mas sim explorá-los com rigor, com escolhas criteriosas e tratamento didático diferenciado, para que não se resumam a amontoados de fórmulas e informações desarticuladas (BRASIL, 2006).

Nesta perspectiva, e dentre as várias possibilidades de renovação desse currículo, está a inserção no Ensino Médio de tópicos de FMC, desenvolvida desde o final do século XIX até os dias de hoje de forma contextualizada. Essas possibilidades são explicitadas nas orientações complementares do PCN+ (2002):

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico. (PCN+, 2002, p.70).

Com o objetivo de buscar essas mudanças sugeridas nas legislações e projetos pedagógicos dos governos e superar as dificuldades encontradas na implementação de FMC na Escola Básica surgem propostas com o intuito de contribuir para uma atualização curricular.

Segundo Ostermann e Moreira (2000), desde o final da década de 70 com o projeto Harvard, dirigido ao Ensino Médio americano, houve a preocupação na inserção de tópicos de Física Moderna na Escola Média. Estudos realizados no âmbito do ensino de Física sobre atualizações dos currículos, que abordam a inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio, vêm sendo divulgados por vários pesquisadores na área de ensino de ciências (Terrazzan, 1992; Ostermann e Moreira, 2000 e 2001; Ostermann e Cavalcanti, 2001; Moreira, 2004; Machado e Nardi, 2003; Brockington e Pietrocola, 2005; Pereira e Ostermann, 2009; entre outros).

Terrazzan (1992) foi um dos precursores ao defender a inserção de conceitos de FMC no Ensino Médio. Segundo ele:

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau. (TERRAZZAN, 1992, p. 210).

Ostermann e Moreira (2001) descrevem uma experiência de ensino e aprendizagem com tópicos de FMC em escolas de Ensino Médio, e entre suas conclusões reforçam a necessidade de urgência na preparação dos professores na formação inicial, para que estes possam implementar mudanças curriculares em sua futura docência.

No contexto da mudança curricular, Ostermann e Cavalcanti (2001) apresentam como contribuição de atualização dos currículos de física, um material didático em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais.

Moreira (2004), a respeito deste assunto conclui que, em pleno século XXI, não há sentido para que o ensino de Física se restrinja a Física Clássica e ressalta a urgência da atualização dos conteúdos, de modo a incluir tópicos de FMC na educação básica.

Em um recente trabalho de revisão bibliográfica sobre o ensino de FMC, Pereira e Ostermann (2009) analisaram 102 artigos, classificando-os em quatro categorias: propostas didáticas testadas em sala de aula, bibliografia de consulta para professores, levantamento de concepções e análise curricular. Constatou-se não ser possível verificar essas divulgações dentro do espaço escolar, onde o processo de mudança deve ter continuidade e deve ser testado e aprimorado dentro de suas realidades.

Cabe ressaltar que o ensino é um processo complexo que requer muitas articulações, seja da sociedade ou das políticas públicas e principalmente da mudança de atitudes dos educadores. Estes devem ser os protagonistas das mudanças educativas. Conforme diz Carvalho:

Nenhuma mudança educativa formal tem possibilidade de sucesso se não conseguir assegurar a participação ativa do professor, ou seja, se, de sua parte, não houver vontade deliberada da aceitação e aplicação dessas novas propostas de ensino. (CARVALHO, 2004, p.8).

Por outro lado, de acordo com pesquisas divulgadas, parte dos professores de Ensino Médio, mesmo defendendo a inserção de FMC, encontram grandes dificuldades na inclusão em suas aulas, pois os conteúdos são conceitualmente abstratos e exigem uma matemática sofisticada e de difícil transposição didática. Monteiro, M. A. et al (2009) partem do pressuposto de que os professores assumem, às vezes até subconscientemente, que a teoria base da FMC é incompreensível.

Com o objetivo de contribuir para as mudanças curriculares e oferecer materiais instrucionais aos professores de Ensino Médio, alguns autores vêm publicando tópicos de FMC nos livros didáticos de Ensino Médio, muitas deles com um capítulo dedicado exclusivamente para o tema, proporcionando uma transposição didática de conteúdos de FMC. Pietrocola, et al (2010), por exemplo, apresenta três capítulos, no volume 3, com tópicos de FMC e atividades envolvendo FMC.

Brockington e Pietrocola (2005) concluem que é possível introduzir conteúdos de FMC através de uma transposição didática centrada em atividades didáticas qualitativas.

Alguns tópicos foram selecionados por Santos, Calheiro e Palandi (2011) para a inserção de Física de Partículas no Ensino Médio: (i) Partícula elementar, (ii) Férmions e bósons, (iii) Interações fundamentais. Estes tópicos foram detalhados, sugerindo que fossem trabalhados com ênfase nos fenômenos e paralelamente aos conteúdos clássicos.

Desta forma, baseado nas colocações anteriores, procurou-se construir e implementar uma abordagem mais qualitativa com ênfase nos conceitos, sem aprofundar formalismos matemáticos dos conteúdos de FMC.

Pretendemos seguir a tendência atual, qual seja modificar e renovar os currículos, desfragmentando-os, proporcionando aos jovens uma nova visão da Ciência, mais contextualizada e moderna, capacitando-os a compreender esse novo mundo tecnológico. Isto não significa que devemos abandonar a Física Clássica, mas sim buscarmos uma forma de integrá-las.

A inserção de FMC, como já referido, ainda está longe da realidade das salas de aula. Os professores sentem dificuldades em trabalhar os conteúdos, seja devido à falta de carga horária, à falta de uma formação continuada específica, seja pela complexidade dos conteúdos, que necessitam de alunos com bases teóricas e matemáticas mais consistentes.

Esta pesquisa tem o objetivo de articular conteúdos tradicionais de Eletricidade e Magnetismo com tópicos de Física de Partículas, proporcionando uma forma alternativa de ministrar conteúdos específicos de FMC no Ensino Médio, ancorados em referenciais teóricos construtivistas.

1.1 Problema de pesquisa

Dentro da perspectiva apresentada e considerando a proposta de inserção dos conteúdos de Partículas Elementares e Interações Fundamentais para o ensino de Física, propusemos o seguinte problema de pesquisa:

De que forma a abordagem integrada de tópicos de Física de Partículas aos conteúdos de Eletricidade e Magnetismo no Ensino Médio, através de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, propicia a Aprendizagem Significativa dos estudantes?

1.2 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa consiste em elaborar, implementar e avaliar uma proposta de ensino e aprendizagem de tópicos de física de partículas, com o uso de UEPS, à luz da Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS).

1.3 Objetivos específicos

Com o intuito de responder ao problema de pesquisa e contribuir para a construção das UEPS, o objetivo geral foi desdobrado em objetivos específicos, quais sejam:

- Investigar atividades didáticas relacionadas aos conceitos abordados para serem desenvolvidas nas sequências didáticas;
- Realizar um levantamento prévio das concepções apresentadas pelos alunos em relação aos tópicos de Física de Partículas;
- Elaborar duas UEPS que abordem os conteúdos de Física de Partículas de forma integrada aos conteúdos de Eletricidade e Magnetismo;
- Identificar e analisar indícios de aprendizagem significativa através das atividades implementadas.

1.4 Estrutura da pesquisa

A pesquisa, objeto desta dissertação, foi estruturada em seis capítulos.

O primeiro capítulo apresentamos o problema de pesquisa, as justificativas para inserir tópicos de Física de Partículas no Ensino Médio, bem como os objetivos que nortearam o presente trabalho.

No segundo capítulo, apresentamos uma revisão de literatura de trabalhos dos últimos dez anos, publicados em periódicos e em anais de eventos que tratam temas envolvendo Física de Partículas, e uma análise da abordagem deste tema nos livros didáticos de Física, indicados no catálogo do programa nacional do livro didático - PNLD 2012.

No terceiro, apresentamos o referencial teórico no qual embasamos a pesquisa e que orientou a construção das UEPS.

O delineamento da abordagem metodológica utilizada na pesquisa é apresentado no quarto capítulo, bem como o registro das atividades desenvolvidas.

Os resultados e discussões de algumas das atividades desenvolvidas na primeira UEPS são apresentados no quinto capítulo.

Nas considerações finais realizamos uma análise dos resultados obtidos durante este trabalho e suas contribuições para o ensino de Física.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo apresentamos uma revisão na literatura sobre tópicos de Física de Partículas dividida em duas partes. A primeira parte apresenta uma revisão dos periódicos, eventos e dissertações/teses da área de ensino/educação em Ciências publicados entre os anos de 2002 e 2013. A segunda consiste em uma análise dos livros didáticos distribuídos através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD/2012).

Durante o processo de revisão bibliográfica identificamos trabalhos publicados em datas anteriores ao intervalo de 2002 a 2013, que acrescentamos a esta revisão pela necessidade de propiciar uma visão geral dos trabalhos publicados, em acordo com os referenciais adotados em nossa pesquisa. Estes períodos proporcionaram uma amostra mais ampla da literatura já existente e se deram em razão da FMC ser um campo novo de inserção no Ensino de Física.

2.1 Revisão da literatura em periódicos, eventos e dissertações

2.1.1 Revisão da literatura em periódicos

Para que ocorra a inclusão de tópicos de Física Moderna e Contemporânea nos currículos do ensino básico, várias propostas vêm sendo difundidas nos últimos anos, objetivando uma atualização curricular com o fim de integrar conteúdos de FMC ao cotidiano escolar, facilitando a compreensão dos constantes avanços tecnológicos e científicos.

Dentro deste contexto buscamos trabalhos que abordassem tópicos de Física de Partículas no Ensino Médio, através de uma revisão de artigos que tratam da inserção de FMC no ensino médio e a partir de referências de pesquisas bibliográficas já publicadas.

A pesquisa concentrou-se nas publicações de periódicos direcionados ao Ensino de Física, especificamente sobre propostas de tópicos de Física de Partículas no Ensino Médio. Justifica-se a escolha pelo fato deste trabalho tratar de uma proposta didática elaborada e implementada em uma turma de Ensino Médio.

Iniciamos esta revisão com a consulta dos trabalhos de Ostermann e Moreira (2000) e Pereira e Ostermann (2009), por se tratarem de revisões bibliográficas sobre a área de

pesquisa de FMC. Importante frisar que, como já dito, também foram analisados alguns trabalhos anteriores a 2002 que estavam relacionadas à pesquisa.

Em seu artigo de revisão Ostermann e Moreira (2000) classificaram os trabalhos em seis grandes grupos, onde foi verificado que as publicações dos temas referentes à FMC concentram-se em forma de divulgação, ou como bibliografia de consulta para professores do Ensino Médio. Poucas pesquisas relatam propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem. Neste trabalho os autores apresentam uma lista de temas e suas respectivas referências. Do tema Partículas Elementares eles citam os seguintes autores (Holton et al, 1970; Ryder, 1976; Lederman, 1982; Fundamental Particles and Interactions Chart Committee, 1988; Moreira, 1989; Galetti, 1990; Farmelo, 1992; Jones, 1992; Swinbank, 1992; Barlow, 1992; Allday, 1997; Contemporary Physics Education Project, 1998; Fermilab, 1998; Particle Physics and Astronomy Research Council, 1998; Alvarenga e Máximo, 1997; Amaldi, 1995; Ryder, 1992). Dentre estes trabalhos, oito foram publicados em periódicos e são específicos sobre tópicos de Física de Partículas, que foram publicados entre 1982 e 1997:

Lederman (1982) descreve o trabalho desenvolvido no Fermilab, Estados Unidos, o qual fornece um breve histórico da Física de Partículas e da pesquisa básica e aplicada realizada no laboratório.

O Fundamental Particles and Interactions Chart Committee (1988) elaborou uma tabela em tamanho de pôster com os resultados mais importantes das últimas três décadas de Física de Altas Energias. Esta tabela foi elaborada para uso em escolas ou "colleges" e é acompanhada por uma apostila que esclarece sua estrutura e expande seu conteúdo.

Moreira (1989, 1990) apresenta dois mapas conceituais: um sobre partículas elementares e outro para as interações fundamentais, com estes trabalhos o autor oferece uma visão moderna e construtivista de explorar os conceitos relacionadas a natureza da matéria.

Os trabalhos de Jones, Ryder, Barlow e Farmelo (1992) apresentam trabalhos referentes a tópicos de Física de Partículas. Jones discute os efeitos da Física de Partículas sobre a Cosmologia. Ryder descreve o chamado "Modelo Padrão" das partículas elementares e das interações fundamentais e, ao final, coloca algumas questões ainda em aberto dentro do modelo. Barlow e Farmelo apresentam vários aspectos da Física de Partículas. Farmelo defende que tópicos de Física de Partículas nos cursos secundários sejam ensinados com um viés histórico/epistemológico.

No trabalho de Allday (1997) é discutido como as interações na Física Moderna são entendidas via troca de uma partícula mediadora. Explica o que é uma partícula virtual, como uma troca de partículas pode ser atrativa ou repulsiva e apresenta os diagramas de Feynman.

Dentro deste período também encontramos os trabalhos de Ostermann (1999) e Ostermann e Cavalcanti (1999) relacionados aos tópicos de Física de Partículas.

Um texto dirigido a professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares é o trabalho de Ostermann (1999). No mesmo ano, Ostermann e Cavalcanti elaboraram um pôster sobre partículas elementares e as interações fundamentais para ser usado como material didático na formação inicial de professores.

Sobre o trabalho de Pereira e Ostermann (2009), estes apresentaram uma revisão sobre FMC, com 102 artigos publicados no período de 2001 a 2006, em revistas na área de Ensino de Ciências. Entre eles, oito estavam diretamente relacionados aos tópicos de Física de Partículas e um trabalho foi classificado na categoria “*Propostas didáticas testadas em sala de aula*”. Na categoria “*Bibliografias de consulta para professores*”, sete trabalhos se relacionaram à FMC. A pesquisa revelou um aumento nas publicações sobre FMC. A maioria dos artigos ainda se refere à bibliografia de consulta para professores e apresentam um número razoável de propostas didáticas inovadoras. Porém, poucos são os trabalhos que investigam os mecanismos envolvidos no processo de construção de conhecimentos relativo a temas em sala de aula.

Dentro do período que nos propusemos a fazer a revisão e a partir das revisões citadas anteriormente e publicadas nos periódicos A Física na Escola, American Journal of Physics, Ciência & Educação, Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (online), Investigações em Ensino de Ciências (Online), Revista Mexicana de Investigación Educativa, Revista Brasileira de Ensino de Física (Online), Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências e Science & Education (Dordrecht), Experiências em Ensino de Ciências (UFRGS), encontramos dez artigos sobre tópicos de Física de Partículas relacionados ao Ensino de Ciências, cuja breve descrição segue abaixo.

Moreira (2004) apresentou um trabalho de consulta para professores, no qual procura motivar professores com o uso mapas conceituais. Sugere, numa visão introdutória, que os tópicos de Partículas Elementares e Interações Fundamentais podem ser trabalhados no Ensino Médio de maneira acessível e atrativa para os alunos, sugerindo a utilização desse trabalho como material de apoio a professores interessados na renovação da Física no Ensino Médio. Argumenta que não é necessária nenhuma habilidade especial para a introdução

desses temas em sala de aula, pois estes tópicos apresentam a mesma abstração que estão presente em conteúdos da Física Clássica.

Outra proposta para o tema é o texto de Abdalla (2005) no qual a autora apresenta a ordem cronológica do surgimento das Partículas Elementares, suas características e alguns experimentos que levaram a sua descoberta. O texto apresenta uma linguagem adequada para estudantes de Ensino Médio. Importante ressaltar que o texto em referência fez parte de uma das atividades das UEPS construídas, bem como o filme homônimo baseado no livro da mesma autora.

Num trabalho de divulgação, Rivelles (2007) aborda um tema bem contemporâneo, qual seja, a teoria das cordas e a sua relação com a unificação das forças da natureza, justificando que o conceito de unificação é essencial para compreensão das partículas elementares e do próprio universo.

Moreira (2007) apresenta o tema Física de Partícula sob um enfoque epistemológico de forma acessível para professores e alunos, com uma abordagem conceitual, e apresenta a física dos quarks através de uma evolução histórica. De modo simplificado, Moreira (2009) também apresentou num texto de divulgação científica o modelo padrão, as partículas elementares e as interações fundamentais, focalizando, dentro destes conceitos, tópicos relacionados que podem servir como motivadores do ensino e da aprendizagem da Física.

Gama e Barroso (2009) relatam a experiência, os objetivos e as atividades realizadas por um professor durante a escola High School Teachers Program (HST) oferecido pelo CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), ressaltam que as possibilidades de inserir FMC no Ensino Médio e a preocupação de atualizar constantemente os professores.

Numa proposta para o ensino médio, Vidal e Manzano (2010) apresentam o LHC como tema motivador e propõem o estudo da eletrostática a partir do LHC de maneira contextualizada, proporcionando maior motivação aos alunos.

A implementação de uma unidade de aprendizagem de partículas elementares e interações fundamentais é relatada por Pinheiro e Costa (2009), com ênfase nas atividades propostas, principalmente nos resultados com os mapas conceituais construídos por alunos de uma turma do terceiro ano.

Pereira (2011), através de uma experiência na escola de física do CERN, apresenta um texto explicando o que é, para que serve e como funciona o LHC (Large Hadron Collider), descrevendo os experimentos ali realizados, como meio de divulgação com vistas a ajudar professores do ensino médio a terem contato com questões relativas à física contemporânea de forma acessível.

Kneubil (2013) descreve, através da experiência de sua participação na escola de física do CERN, que, a partir do funcionamento dos aceleradores de partícula e das atividades que lá são desenvolvidas, é possível fornecer conhecimentos aos alunos do ensino médio por meio de questões contemporâneas da física, através dos conteúdos do currículo escolar presentes em suas aulas tradicionais.

Observa-se que a divulgação e importância de inserir tópicos de FMC já vêm sendo sugerida por professores e pesquisadores há mais de três décadas. Porém, ainda são poucas as pesquisas relacionadas às propostas didáticas sobre tópicos de Física de Partícula e sua implementação em sala de aula, e poucas são as estratégias didáticas sugeridas quando comparadas a outros tópicos de FMC e de conteúdos clássicos verificadas nos periódicos.

2. 1. 2 Revisão da literatura em anais de eventos

Apresentamos, nesta seção, uma análise e descrição dos trabalhos relacionados à inserção de Física de Partículas no ensino médio, divulgados através dos eventos de Ensino de Ciências e Física durante o período 2002-2013. Os eventos investigados foram o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF).

2.1.2.1 Descrição dos trabalhos do ENPEC

O ENPEC é um evento bienal promovido pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC). O evento tem por objetivo favorecer a interação entre os pesquisadores das áreas de Ensino de Física, de Biologia, de Química, de Geociências, de Ambiente, de Saúde e áreas afins, com a finalidade de discutir trabalhos de pesquisa recentes e tratar de temas de interesse da ABRAPEC. Os trabalhos apresentados no ENPEC são divulgados na forma de comunicação oral e de pôster. A nossa análise dos trabalhos referente aos ENPEC dos anos de 2003, 2005, 2007, 2009, 2011 e 2013 encontramos três trabalhos relacionados ao tema em questão.

Uma revisão bibliográfica dos recursos sobre o ensino de Física de Partículas no Ensino Médio foi apresentado por Siqueira e Pietrocola (2005), categorizada em livros

didáticos, projetos de Física, artigos de ensino de Física, sites e textos de divulgação científica.

Watanabe e Munhoz (2009) buscaram desenvolver subsídios para a realização de uma divulgação científica eficaz através de visitas ao Laboratório Aberto de Física Nuclear do Instituto de Física da USP, que permitam a iteração entre pesquisadores e visitantes.

Louzada e Araujo (2011) apresentam os resultados de uma dissertação de Mestrado que teve como objetivo a introdução do conteúdo Física de Partículas Elementares no Ensino Fundamental através do estudo do Modelo Padrão. A pesquisa revelou que é viável a inserção de Física de Partículas Elementares num nível introdutório com atividades adequadas para a idade dos estudantes.

2.1.2.2 Descrição dos trabalhos do EPEF

O EPEF, por sua vez, tem como objetivo promover o avanço do conhecimento na área da ciência, por meio de discussões sobre questões que dizem respeito ao Ensino de Física e Ciências. Os trabalhos apresentados no EPEF encontram-se nas formas de comunicação oral e de pôster. Após a análise dos EPEF dos anos de 2002, 2004, 2006, 2008, 2010 e 2011, encontramos apenas dois (2) trabalhos sobre Física de Partículas.

Siqueira e Pietrocola (2006) apresentaram parte da dissertação de mestrado, que tem como objetivo levar a Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio através de uma proposta com uma sequência didática. Buscando analisar essa sequência, utilizaram uma ferramenta encontrada na didática da ciência denominada Transposição Didática. Os mesmos autores apresentaram em 2008 uma sequência didática sobre a física de partículas elementares, com objetivo de levar os principais conceitos dessa área de conhecimento científico para o Ensino Médio, contribuindo para uma melhoria do ensino de Física.

2.1.2.3 Descrição dos trabalhos do SNEF

O SNEF é organizado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), ocorre a cada dois anos e congregam alunos e professores dos diversos níveis de ensino interessados em debater

questões relacionadas ao ensino e aprendizagem de Física, à pesquisa realizada no campo de investigação do Ensino de Física e à formação de profissionais para atuarem nesse campo, quer como docentes ou como pesquisadores.

Apresentamos uma visão geral dos onze trabalhos relacionados aos tópicos de Física de Partículas encontrados.

Lozada e Araujo (2007) apresentaram em seu trabalho, o qual é parte de uma pesquisa de Mestrado na linha de pesquisa em Ensino de Física, os resultados das perspectivas dos professores acerca do ensino do modelo padrão no Ensino Médio, e uma proposta com alternativas para a implementação do conteúdo Física de Partículas Elementares no Ensino Médio.

Um relato sobre a participação no programa HST (High School Teachers), que é oferecido pelo CERN, foi apresentado por Gama e Barroso (2009), onde resumem o que foi oferecido aos seus participantes quando da visita, com a intenção de destacar e reforçar a importância da formação continuada de professores e enfatizar a relevância que a comunidade de cientistas e educadores internacionais dá a esta formação.

Tagiku, et al (2009) apresentam um trabalho com alunos com métodos inovadores de ensino, utilizados numa aula sobre “transposição didática de teorias modernas e contemporâneas para a sala de aula: Física de Partículas”. O método consiste na construção do conceito histórico do átomo através da elaboração da linha do tempo.

No sentido de contribuir com a inserção de temas contemporâneos da Física no ensino médio, Balthazar e Oliveira (2009) apresentaram uma proposta de ensino contextualizada, tendo como tema gerador o Large Hadrons Collider (LHC), o maior e mais poderoso acelerador de partículas do mundo, com o uso da abordagem Ciência Tecnologia e Sociedade e História e Filosofia da Ciência.

Uma proposta de inserção de FMC no ensino médio por meio de tópicos de Partículas Elementares e Interações Fundamentais, com o mínimo do formalismo matemático, foi apresentado por Pereira, et al.(2009). O trabalho objetivou apresentar a proposta aos professores de ensino médio interessados na atualização curricular em Física.

Lozada e Araujo (2011) relatam a partir da experiência na escola do CERN, uma contribuição aos professores de Ensino Médio e demais interessados em ciência no sentido de esclarecer questões de interesse sobre o CERN e o LHC de forma didática e simples, a partir da perspectiva de quem esteve lá e participou dos cursos e visitas técnicas disponibilizadas.

Uma proposta de inserção de Física de Partícula a partir de leitura de textos foi apresentada por Pereira e Londero (2013), através da realização de um trabalho em uma turma

do ensino médio, tendo por base o texto “O baile dos Mascarados”, extraído de “Alice no País do Quantum”. A atividade faz parte das ações do PIBID (programa institucional de bolsa de iniciação à docência) Física da UNIFAL-MG e foi realizada em uma turma de 3º ano.

Luiz *et al.* (2013) apresentam estratégias utilizadas e os resultados de um curso sobre aceleradores de partículas ministrados aos estudantes de ensino médio, cuja abordagem enfatizou elementos do fazer científico e sua dimensão social em detrimento dos conceitos.

Uma proposta contextualizada incluindo aspectos da Física de Partículas voltada ao tema energia nuclear, foi apresentada por Shiino *et al.* (2013). Com a proposta buscaram discutir conceitos da Física tratados na escola básica, assim como suas aplicações tecnológicas e científicas vinculadas ao contexto socioambiental, político e econômico. A discussão central da proposta volta-se à questão energética, seus recursos, produção, consumo e implicações na sociedade.

Gomes *et al.* (2013) relataram uma experiência de elaborar e apresentar uma aula expositiva para alunos da terceira série do Ensino Médio sobre radioatividade, utilizando o Modelo Padrão de Partículas (MPP) para melhor explicar esse tema.

Silva e Ney (2013), em sua pesquisa objetivaram analisar artigos e livros paradidáticos que tratam a Física de Partículas Elementares com uma linguagem acessível ao Ensino Médio. Foram analisados livros didáticos de Ensino Médio das áreas de Física e Química para avaliar como estes abordam assuntos relacionados à Estrutura da Matéria em seu aspecto mais elementar.

Desta breve análise dos artigos sobre tópicos de Física de Partículas nos eventos, pudemos perceber que este assunto ainda é pouco abordado na literatura, mesmo com a tendência dos pesquisadores de inserir FMC no Ensino Médio e modificar os currículos escolares. Os trabalhos analisados enfatizam propostas de bibliografia para professores, mas poucos são os trabalhos sobre propostas aplicadas em sala de aula. Em relação a nossa proposta de inserir o tema integrado aos conteúdos clássicos, não encontramos nenhum trabalho que abordasse esta prática, o que demonstra que ainda estamos aquém do esperado e necessário.

2. 1. 3. Revisão da literatura em dissertações/teses

Procuramos subsídios para o nosso trabalho também em dissertações que abordam o tema.

Em seu trabalho de mestrado Siqueira (2006) elaborou uma proposta de Física de Partículas elementares para o ensino médio, com textos e atividades através da transposição didática. Nas atividades de transposição inseridas por Siqueira utilizamos uma que serviu de situação-problema na primeira UEPS, que foi a atividade de “Espalhamento de Rutherford”.

Balthazar (2008) discutiu a inserção do tema partícula elementar no Ensino Médio e construiu um material didático para o ensino delas a partir do LHC.

Na sua tese Krey (2009) apresentou uma pesquisa na disciplina estrutura da matéria no qual os estudos baseados em uma metodologia diferenciadas centrada na participação do aluno, de acordo com a teoria de Ausubel e Vergnaud. Na disciplina foram abordados os conceitos de Radiação, Física Nuclear e Partículas Elementares. No trabalho realizado foi proposta uma analogia da interação de troca de partículas mediadoras, que utilizamos com uma das situações-problema na segunda UEPS.

Em sua dissertação, Maia (2011) apresentou uma proposta para inserir física de partículas elementares através de uma história de ficção denominada “Quantolândia a república das partículas”, na qual são apresentados aspectos históricos, conceitos e ideias de física de partículas.

Uma sugestão curricular para o Ensino Médio por meio de uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais é apresentada por Pinheiro (2011) através de um texto que aborda o desenvolvimento do conceito de partícula elementar a partir do referencial histórico, analisado segundo a epistemologia de Gastón Bachelard. Neste trabalho, uma das atividades que a autora utilizou como organizador prévio, que foi o filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, foi também por nós utilizado, com algumas modificações, em um dos passos da primeira UEPS.

A partir da análise, e conforme a descrição dos trabalhos revisados, verificou-se que o objetivo das pesquisas foi contribuir na implementação de tópicos de Física de Partículas no Ensino Médio. Buscamos, nestes trabalhos, subsídios e contribuições para as atividades desenvolvidas ao longo da pesquisa, tais como atividades didáticas que envolvessem partículas elementares, interações fundamentais e tópicos de eletricidade e magnetismo.

2.2 Uma breve análise de tópicos de Física Partículas presentes nos livros didáticos

Nesta seção realizamos um breve levantamento de como são abordados os tópicos de Física de Partículas nos livros didáticos selecionados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2012.

O PNLD é um programa com vistas à universalização da distribuição do livro didático a alunos de escolas públicas de todas as séries que compreendem o Ensino Médio brasileiro. Busca garantir, através de critérios didáticos e uma constante avaliação, a qualidade e igualdade nos livros didáticos utilizados, destinados às escolas públicas do País.

Mesmo com os avanços e as variedades tecnológicas cada vez mais presentes nas escolas, os livros didáticos ainda são destaques na educação brasileira, em função das políticas públicas de distribuição gratuita de livros didáticos nas escolas públicas brasileiras.

Vários são os trabalhos já publicados sobre como os autores de livros didáticos apresentam os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea em seus livros, selecionados ou não pelo PNLD, tais como os de Ostermann e Moreira (2000), Valente et al (2008) Lamarque e Terrazzan (2008), Domingui (2012), entre outros. Suas conclusões, de forma geral, confirmam a presença de diversos tópicos relacionados à Física Moderna nos livros.

Porém, não temos tido uma inserção dos conteúdos de FMC no Ensino Médio, de acordo com o que sugere os PCNs. Como se observa na prática escolar, este conteúdo na maioria das vezes não está presente nos programas pedagógicos escolares, e quando está, encontra resistência na preparação e disposição dos professores em inseri-lo em seus planejamentos didáticos. Vários são os fatores que justificam essa resistência, como a complexidade dos próprios conceitos, a matemática avançada sem a transposição didática necessária para estudantes de nível médio, a formação inicial precária, que ainda encontra-se atrelada à educação bancária, a falta de materiais menos formais que facilitem a superação destas dificuldades, entre outros.

No que diz respeito a análise de tópicos de FMC nos livros didáticos do Ensino Médio, poucas são as pesquisas que têm como foco verificar a presença dos conteúdos de Física de Partículas. Entre estas, destacamos o trabalho de Siqueira e Pietrocola (2005), que traz uma revisão bibliográfica dos recursos para ensino de Física de Partículas no Ensino Médio, categorizados em livros didáticos, projetos de Física, artigos de Ensino de Física, *sites* e textos de divulgação científica. Silva e Gomes (2013) apresentaram, em um trabalho recente, uma análise de livros didáticos de Física e Química com base em livros paradidáticos, avaliando como são abordados os assuntos relacionados à estrutura da matéria em seu aspecto elementar.

Partindo do pressuposto que os livros didáticos apresentam tópicos de FMC, além de diversas atividades com vistas à facilitação da aprendizagem, procuramos analisar como são apresentados os conceitos referentes aos tópicos de Física de Partículas trabalhados em nossa pesquisa, bem como a maneira de abordar as atividades didáticas presentes nos livros distribuídos às escolas públicas.

Nesta revisão bibliográfica não temos o intuito de criticar a forma como os autores apresentam os conteúdos, mas sim realizar um breve levantamento da presença dos tópicos pesquisados, além de se valer de algumas das atividades constantes nos livros para o desenvolvimento das UEPS.

Para esta pesquisa foram consultados trinta livros de Física do Ensino Médio, agrupados em dez coleções de três volumes cada, conforme quadro 1. Todas as coleções selecionadas foram aprovadas no PNLD 2012 e foram disponibilizadas para as escolas públicas brasileiras.

<i>Coleção</i>	<i>Autores</i>	<i>Editora/Ano</i>	<i>Representação</i>
Compreendendo a Física	Aberto Gaspar	Ática (2010)	A1 A2 A3
Curso de Física	Antonio Máximo Beatriz Alvarenga	Scipione (2010)	B1 B2 B3
Conexões com a Física	Blaidi Sant 'Anna Gloria Martini Hugo Reis Walter Spinelli	Moderna (2010)	C1 C2 C3
Física - Ciência e Tecnologia	Carlos Torres Nicolau Ferraro Paulo A. Soares	Moderna (2010)	D1 D2 D3
Quanta Física	Carlos Kantor et al	PD (2010)	E1 E2 E3
Física	Gualter Helow Newton	Saraiva (2010)	F1 F2 F3
Física Aula por Aula	Benigno B. Filho Cláudio X. da Silva	FTD (2010)	G1 G2 G3
Física e Realidade	Aurélio G. Filho Carlos Toscano	Scipione (2010)	H1 H2 H3
Física em Contextos – Pessoal – Social - Histórico	Mauricio Pietrocola et al	FTD (2010)	I1 I2 I3
Física para o Ensino Médio	Fuke Kazuhito	Saraiva (2010)	J1 J2 J3

Quadro 1 – Livros analisados e código de representação
Fonte: adaptado do guia do livro didático de Física, PNLD – 2012, BRASIL, 2011

No quadro 2 relacionamos os tópicos de Física de Partículas presentes nos livros pesquisados, as atividades relacionadas e a cada abordagem.

(continua)

Coleções	Tópico	Atividades
A1	LHC	Nenhuma
A2	Nenhum	Nenhuma
A3	Partículas elementares Câmara de nuvens Quarks e a eletricidade Spin do elétron Pauli - princípio de exclusão O nêutron e o pósitron O neutrino e a conservação da energia A física de partículas - Hádrons e quarks Léptons Bósons e as quatro interações Modelo padrão	1 problema 5 questões teóricas
B1	Descoberta do nêutron Aniquilação de elétron e pósitron	6 exercícios de fixação
B2	Nenhum	Nenhuma
B3	Cíclotron Aceleradores de partículas Partículas elementares Hádrons Bósons e férmions	- 3 problemas e testes
C1	Partículas elementares e a segunda lei de Newton	Nenhuma
C2	Nenhum	Nenhuma
C3	Experiência de Millikan e a carga do elétron Modelos atômicos Interações fundamentais Aceleradores de partículas	7 questões
D1	LHC	1 questão teórica
D2	Nenhum	Nenhuma
D3	Forças fundamentais Partículas fundamentais e matéria –antimatéria Modelo de quarks	Atividade em grupo de pesquisa sobre as forças da natureza 2 exercícios de marcar
E1	Cita algumas partículas elementares Cita força fraca e forte	Nenhuma
E2	Nenhum	Nenhuma
E3	Partículas elementares e forças fundamentais Partícula e antipartícula Modelo padrão Aceleradores de partículas	5 exercícios de múltipla escolha 1 dica de pesquisa com sites
F1	Nenhum	Nenhuma

(conclusão)

Coleções	Tópico	Atividades
F2	Nenhum	Nenhuma
F3	Quarks Forças fundamentais Aceleradores de partículas	Questões teóricas
G1	Nenhum	Nenhuma
G2	Nenhum	Nenhuma
G3	Cita algumas partículas elementares Modelos atômicos LHC Neutrinos Antimatéria Quatro forças	Nenhuma
H1	Nenhum	Nenhuma
H2	Nenhum	Nenhuma
H3	Modelos atômicos e os experimentos Antipartícula e quarks	12 questões dissertativas
I1	Nenhum	Nenhuma
I2	Nenhum	Nenhuma
I3	Estrutura da matéria Modelos atômicos O neutrino do elétron Partículas elementares Aceleradores Pósitrons, pión, e raios cósmicos Família de partículas e quarks Partículas mediadoras e o modelo padrão Ciclotron	Várias atividades e recursos didáticos foram elaborados pelos autores.
J1	LHC Interações entre partículas	7 questões discursivas
J2	Nenhum	Nenhuma
J3	Modelos atômicos Partículas elementares Câmara de bolhas Modelo padrão	Nenhuma

Quadro 2 – levantamento dos tópicos de Física de Partículas nas coleções PLND -2012

Nesta etapa não apresentamos uma análise detalhada dos livros didáticos, mas sim destacamos os tópicos de Física de Partícula e a sua distribuição nas coleções.

De forma geral, a revisão demonstra que todas as coleções apresentam tópicos relacionados ao tema Física de Partículas, geralmente inseridos no final do terceiro volume, em um capítulo específico para FMC, ou em textos dispersos e distribuídos nos três volumes.

Durante a pesquisa observamos que os livros da coleção I, apresentam vários tópicos de FMC, sendo que os de Física de Partícula são encontrados na coleção I3, em um capítulo específico, com várias atividades e recursos elaborados pelos autores.

A nosso ver, as publicações poderiam trazer mais atividades colaborativas e investigativas, sem tanta ênfase matemática, pois poucas foram as atividades encontradas na análise.

A pesquisa nos livros possibilitou localizar recursos didáticos que abordassem os tópicos do nosso trabalho de forma a contribuir na construção da UEPS. Com este propósito encontramos no livro I3, como já dito, várias atividades que junto com seus textos serviram de subsídios para elaboração de algumas de nossas atividades colaborativas que foram inseridas nas UEPS.

Em relação à forma como propomos desenvolver a nossa pesquisa, com os tópicos integrados aos conteúdos, apenas um livro faz referência a partículas elementares no capítulo de eletricidade. Na coleção A, no livro 3, o autor apresenta um pequeno texto sobre partículas elementares, dentro do tópico “a carga elétrica e a eletrização”.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Mesmo com a grande quantidade de pesquisas desenvolvidas na área de ensino de Física, em sala de aula os conteúdos ainda são ministrados através de abordagens baseadas em princípios comportamentalistas. A maioria dos professores preocupa-se, ainda, apenas com as respostas e as consequências do conhecimento adquirido em sala de aula, privilegiando o comportamento observável em detrimento da aprendizagem com significados. Segundo Moreira a aprendizagem, nessa perspectiva, ocorre devido ao reforço e à presença de contingências reforçadoras.

As pesquisas atuais sobre o ensino estão em desacordo com o referencial comportamentalista. Atualmente não se deveria mais falar em estímulo-resposta, mas buscar na prática docente um ensino com significados. Um bom ensino deve ser construtivista, promover a mudança conceitual e facilitar a aprendizagem significativa (MOREIRA, et al., 1997).

Dentro dessa ótica, neste trabalho foram desenvolvidas atividades seguindo a linha construtivista, tomando como base a visão clássica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, bem como as de seus seguidores Joseph Novak, D. Bob Gowin e Marco A. Moreira.

Durante o desenvolvimento desta dissertação, foram estudados e analisados os referenciais teóricos acima citados, fundamentais na construção deste projeto, cujo foco foi introduzir tópicos de Física de Partículas integradas aos conteúdos de Eletricidade e Magnetismo no Ensino Médio. Para tanto, utilizamos como referencial metodológico as UEPS com o objetivo de promover e verificar indícios ou não de aprendizagem significativa dos conteúdos abordados.

Apresentamos, neste capítulo, alguns pontos das teorias de aprendizagem que serviram de fundamentação para a criação e a implementação das UEPS.

3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

A teoria de Ausubel tem como alicerce a estrutura cognitiva do aluno, ou seja, aquilo que ele já sabe, e tem como conceito fundamental a *Aprendizagem Significativa*. De acordo

com Moreira e Masini (2011, p.17), Ausubel define a aprendizagem significativa como um processo através do qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura do conhecimento que o indivíduo já possui.

O aspecto relevante do conhecimento do aluno a que Ausubel se refere são os subsunçores.

O “subsunçor” é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva capaz de servir de ancoradouro a uma nova informação de modo que este adquira, assim, significado para o indivíduo (isto é, que ele tenha condições de atribuir significados a essa informação) (MOREIRA, 2006 p.15).

Portanto, para que ocorra a aprendizagem significativa o novo conhecimento deverá relacionar-se aos subsunçores já existentes da estrutura cognitiva do estudante. Desse modo, identificar os conhecimentos prévios que o estudante traz para sala de aula facilita o processo de ensino e aprendizagem.

Além de todos os fatores envolvidos que levam o aluno a uma aprendizagem significativa, e em contraposição a esta, Ausubel define a aprendizagem mecânica como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA e MASINI, 2011).

Na aprendizagem mecânica há uma assimilação literal das informações, como o que ocorre, geralmente, quando os alunos estudam para uma avaliação, onde as questões são respondidas literalmente, sem que haja uma relação com outros conhecimentos presentes na estrutura cognitiva do aluno e logo após são descartadas. Neste tipo de aprendizagem podemos dizer que o aluno retém o conhecimento por um período temporário, utilizado apenas no momento da avaliação.

No entanto, Ausubel não refuta a necessidade da aprendizagem mecânica em determinados momentos, e não considera que esta seja oposta à aprendizagem significativa, mas que vem ao encontro desta. A aprendizagem mecânica ocorre quando o estudante não possui subsunçores relevantes, ou os têm muito pouco. Ausubel sugere que uma aprendizagem pode complementar a outra, pois ideias iniciais podem ser inseridas por memorização. Como exemplo, podemos citar a resolução de problemas de Física com equações matemáticas memorizadas. Estas equações possibilitam a resolução dos problemas de forma assimilada mecanicamente, o que não requer uma aprendizagem significativa. Por outro lado as equações matemáticas podem vir a se tornar significativas, em outro momento em que for necessária a utilização destas como subsunçores.

Também Novak (apud MOREIRA, 2006) defende que quando na estrutura cognitiva do estudante não existirem subsunçores necessários para que ocorra aprendizagem significativa, torna-se necessária a aprendizagem mecânica, de modo a possibilitar que o indivíduo adquira as novas informações, indispensáveis à aprendizagem significativa subsequente.

De outro modo, quando o estudante não apresenta conhecimentos prévios que sirvam de base para novos, Ausubel recomenda o uso de *organizadores prévios*, ou seja, materiais introdutórios apresentados antes do próprio conteúdo a ser aprendido.

Segundo Ausubel, a principal função do organizador prévio é de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa. Ou seja, os organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas”. (MOREIRA e MASINI, 2011, p21).

Estes organizadores prévios não são apenas materiais introdutórios, mas materiais que devem:

- 1 - identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- 2 - dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
- 3 - prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos. (MOREIRA, 2008, p.3).

Então, para Ausubel organizadores prévios destinam-se a facilitar a aprendizagem de tópicos específicos ou de ideias estreitamente relacionadas. Não importa o formato do material, podendo ser questões, textos, vídeos, simulação, ou atividades experimentais, desde que o material seja utilizado antes dos conteúdos que serão desenvolvidos.

Além da presença de subsunçores ou do uso de organizadores prévios, essenciais para facilitar a ocorrência da aprendizagem significativa, existem outros fatores indicados por Ausubel que devem contribuir para essa aprendizagem:

- O material deve ser potencialmente significativo para o aprendiz, de forma que possa se relacionar de maneira não-arbitrária e não-literal com sua estrutura de conhecimento.
- A manifestação, por parte do aprendiz, de disposição para relacionar de forma significativa e não-arbitrária o novo material, em sua estrutura cognitiva. (MOREIRA e MASINI, 2011).

Para Moreira, não-arbitrariedade significa que o material potencialmente significativo se relaciona com o conhecimento já existente na estrutura cognitiva, porém, não com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas com conhecimentos relevantes, os subsunçores de Ausubel. Por sua vez, substantividade significa que o que é incorporado à estrutura cognitiva é a substância do novo conhecimento, das novas ideias, e não as palavras precisas usadas para expressá-las.

Aspecto relevante da teoria de Ausubel é a forma como se evidencia a aprendizagem dos conceitos. Moreira relata que conforme a aprendizagem significativa ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações. De acordo com Ausubel dois processos cognitivos relacionados à aquisição de conceitos ocorrem durante a aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Moreira e Masini (2011) assim definiram ambos os processos:

Diferenciação progressiva é o princípio segundo o qual o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes, progressivamente diferenciadas, em termos de detalhes específicos necessários.

Reconciliação integrativa é o princípio pelo qual a programação do material instrucional deve ser feita para explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas, reconciliando discrepâncias similares ou aparentes. (MOREIRA e MASINI, 2011, p.30)

Outra questão que não poderia deixar de ser citada é o papel do professor na facilitação da aprendizagem significativa. Moreira (2011), embasado na teoria ausubeliana, destaca que o papel do professor na facilitação da Aprendizagem Significativa envolve quatro tarefas fundamentais:

- Identificar os conceitos e as proposições mais relevantes da matéria a ser ensinada e classificá-los sequencialmente de acordo com a estrutura cognitiva, organizando-os hierarquicamente.
- Identificar quais os conceitos e ideias estáveis e relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente esses conteúdos.
- Diagnosticar os conhecimentos prévios do aluno, ou seja, aquilo que ele já sabe; determinar, dentre as ideias de apoio, as mais relevantes disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, o que pode ser feito utilizando um pré-teste.

- Planejar as aulas utilizando recursos didáticos facilitadores para a aquisição do conhecimento da matéria a ser aprendida de maneira significativa. A tarefa do professor é auxiliar o aluno.

Este texto não tem a pretensão de esgotar todos os conceitos que envolvem a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, mas dar uma visão geral dos principais fundamentos que embasaram nossa pesquisa.

Neste trabalho foram construídas unidades didáticas para aplicação em sala de aula que propiciassem uma aprendizagem significativa. Dentro desta perspectiva, consideramos como fundamentais dois fatores já citados anteriormente, quais sejam: os alunos devem estar motivados para aprender e o material de ensino deve ser potencialmente significativo.

No que diz respeito à motivação dos alunos para aprender, foram proporcionadas diferentes atividades, visando estimular a participação e despertar o interesse destes pelo tema a ser estudado.

Em relação ao material de ensino, foram construídas e implementadas UEPS embasadas na teoria de Ausubel, com colaborações substanciais extraídas das teorias de Novak e Gowin.

3.2 Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Novak e Gowin

Na visão de Ausubel a aprendizagem significativa é estritamente cognitiva. Porém, dentro de sua teoria pode-se perceber um lado humanista, quando apresenta como condição para que ocorra a aprendizagem significativa a predisposição do aprendiz em aprender, considerando o sentimento do aluno.

Novak apresenta uma teoria humanista mais ampla, na qual a teoria da aprendizagem significativa está inserida. Ele parte da premissa básica de que os seres humanos fazem três coisas: pensam, sentem e atuam (fazem), tornando primordial que uma teoria da educação considere cada um desses elementos.

Para Novak, qualquer evento educativo é uma ação para trocar significados (pensar) e sentimentos entre o aprendiz e o professor (MOREIRA, 2011). Esta troca de significados envolve sentimentos (positivos e negativos) e ações com o objetivo de promover a aprendizagem significativa de novos conceitos. À teoria de Novak complementa a de

Ausubel, ficando evidenciada a importância da cumplicidade entre professor/aluno dentro do processo de ensino.

Para Novak, todo evento educativo envolve cinco elementos: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação. Podemos entender a aprendizagem significativa integrando os cinco elementos de educação proposto por Novak com o pensar o sentir e o agir.

Moreira (2006) apresenta um esquema na figura 1 abaixo, que representa as relações da aprendizagem significativa na visão humanista da teoria de Novak com os cinco elementos de Novak, quais sejam, aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação .

Com base nesses cinco elementos, Novak propõe como fundamental em sua teoria, a ideia de que qualquer evento educativo implica uma *ação para trocar significados e sentimentos entre professor e aluno* (MOREIRA, p. 155, 2006).

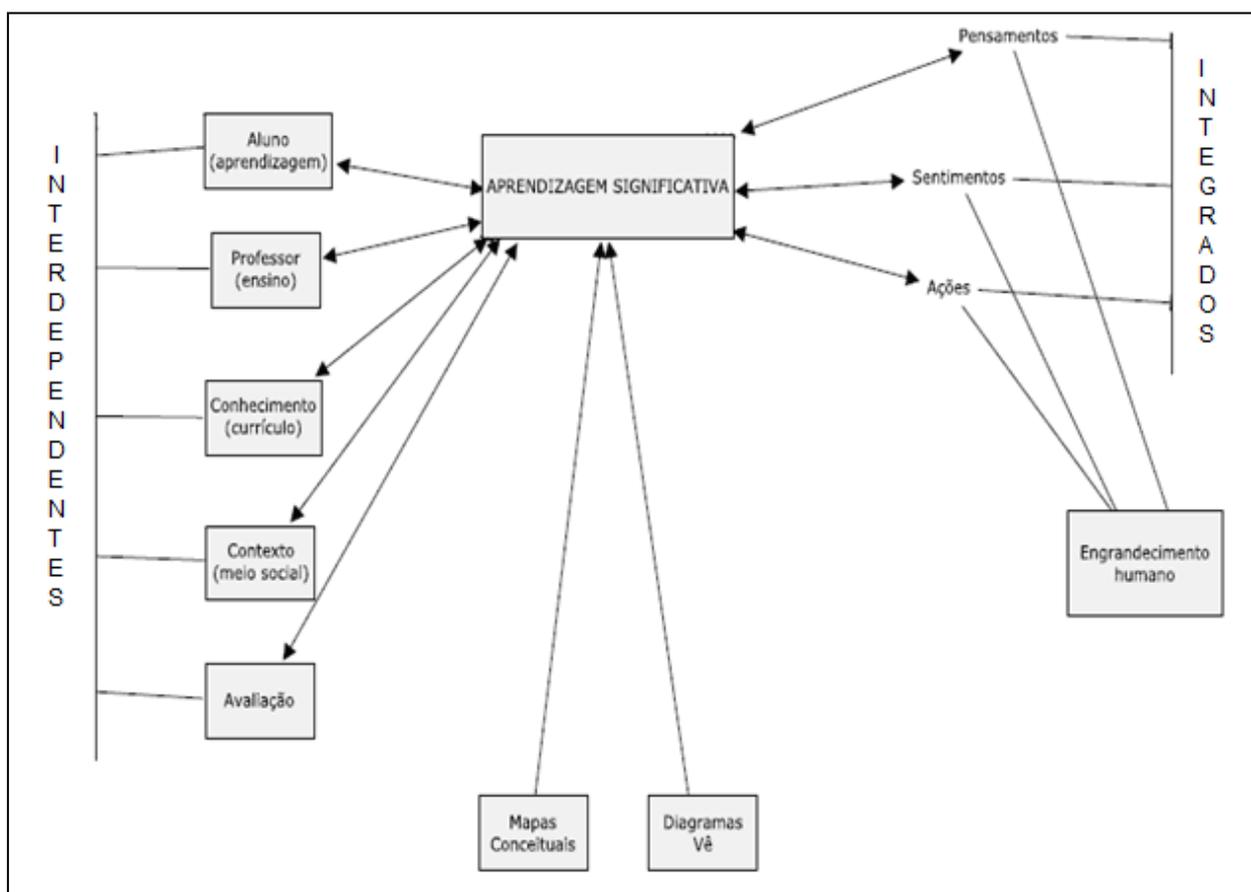


Figura 1 – A aprendizagem significativa na visão humanista de Novak (MOREIRA, 2006)

Gowin, na sua teoria, explicita uma relação triádica em que a troca de significados é determinada através da relação entre o professor, os alunos e os materiais de aprendizagem, conforme esquematizada na figura 2:

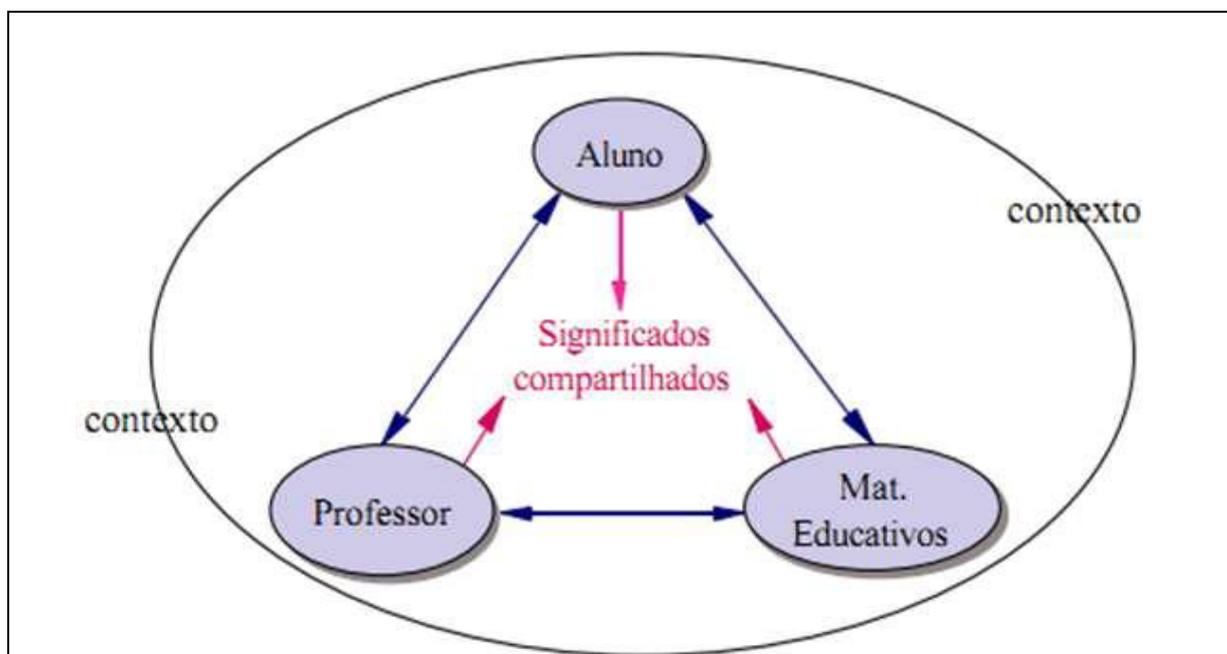


Figura 2 – Modelo Triádico de Gowin
Fonte: MOREIRA, 2007

No modelo de educação de Gowin, a aprendizagem pode ser alcançada compartilhando significados, conforme a relação que o professor e o aluno buscam através do material educativo. Nessa relação triádica, um ponto relevante a ser destacado é o que ocorre entre o professor e o material educativo. O professor ao preparar o material educativo tem que perceber, através das concepções prévias dos alunos, as potencialidades que devem ser desenvolvidas, de forma a deixar a aula mais atrativa para os alunos, tornando este material potencialmente significativo, o que, por sua vez, facilita o processo de ensino/aprendizagem.

Em nossa pesquisa buscamos, a partir dos pressupostos das teorias de aprendizagem estudadas e referenciadas, a inserção de recursos didáticos que proporcionassem ao aluno uma aprendizagem significativa, compartilhando significados com o professor e com os materiais educativos.

Dentro desta perspectiva um dos recursos utilizados foram os mapas conceituais, propostos por Novak, como estratégia para facilitar a aprendizagem significativa.

De acordo com Moreira, os mapas são instrumentos potencialmente úteis no ensino, na avaliação da aprendizagem e na análise do conteúdo.

3.3 Mapas conceituais

Mapas conceituais são ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento (NOVAK e CAÑAS, 2010), e podem ser descritos como uma estratégia metodológica que demonstra visualmente, em forma de diagrama, a estrutura cognitiva idiossincrática do aluno.

A técnica dos mapas conceituais foi desenvolvida por Novak e seus colaboradores, na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, e tem por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições (NOVAK e GOWIN, 1988). Uma proposição é constituída de dois ou mais termos conceituais unidos por palavras para formar uma unidade semântica.

Um mapa conceitual possui diagramas cujo objetivo é relacionar os conceitos (palavras ou frases) ali contidos, ligando-os através de linhas ou setas, de forma a hierarquizá-los. A essa relação entre dois conceitos dá-se o nome de proposições. No ensino, os mapas conceituais podem ser usados para diferentes situações.

Segundo Moreira (2006), os mapas podem ser utilizados como um instrumento didático, de avaliação, ou como recurso para análise de conteúdo, seja este construído em sala de aula ou no planejamento de currículos. São instrumentos utilizados para negociar significado.

Mapas conceituais se destinam a representar relações significantes entre conceitos na forma de proposições, isto é, são dispositivos esquemáticos para representar um conjunto de significados de conceitos encaixados em um sistema de referência proposicional. (MOREIRA, 2006, p.30).

Com o uso dos mapas conceituais, o conhecimento pode ser representado por meio de conceitos ligados por palavras-chave, em que estes vão se ancorando de forma hierárquica nos

conhecimentos que estão presentes na estrutura cognitiva dos alunos. É uma importante ferramenta que colabora na organização do ensino.

Ausubel, Novak e Gowin defendem que na construção do conhecimento os conceitos mais gerais e inclusivos devem ser apresentados no início do processo, progressivamente, para que sirvam de ancoragem para os que virão a seguir.

Desta forma, o uso dos mapas conceituais possibilita ao professor identificar, em sua apresentação, os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, dois processos cognitivos que ocorrem durante a aprendizagem significativa, já citados anteriormente.

Novak (1977), apud MOREIRA e MASINI (2011), argumenta que para atingir a reconciliação integrativa de forma mais eficaz deve-se organizar o ensino “descendo e subindo” nas estruturas conceituais hierárquicas, à medida que uma nova informação é apresentada.

A figura abaixo apresenta uma representação esquemática de um modelo de hierarquia conceitual e sugere as direções recomendadas para a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Na figura as linhas mais fortes sugerem a direção para a diferenciação progressiva de conceitos e as linhas mais fracas sugerem a reconciliação integrativa.

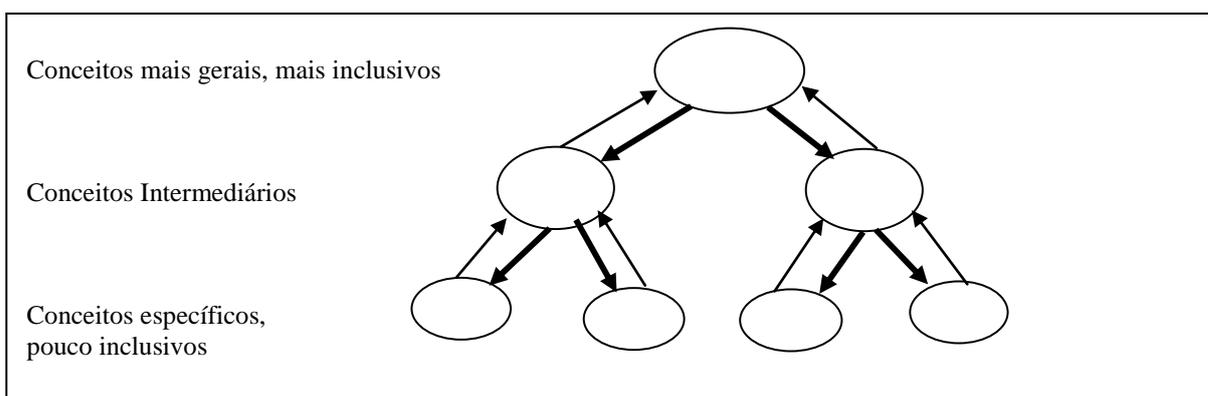


Figura 3 – Representação esquemática do modelo ausubeliano de diferenciação conceitual progressiva.

Fonte: MOREIRA e MASINI, 2011

Em nossa proposta utilizamos os mapas conceituais para observar a modificação e a evolução dos conceitos ocorridos durante a implementação das UEPS, bem como para a avaliação formativa da aprendizagem.

A elaboração dos mapas foi acompanhada de debates entre os alunos dos grupos, com a participação da professora, o que possibilitou o uso da recursividade na elaboração de novos mapas, ou seja, a não repetição das ligações que não estavam claras nos mapas anteriormente elaborados, nas novas atividades propostas.

3.4 Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira

Numa visão mais contemporânea encontramos a Teoria da Aprendizagem Crítica de Moreira, que propõe que a aprendizagem significativa deve ser crítica, subversiva e antropológica. Moreira entende que a sociedade deve adquirir conhecimentos significativos de maneira crítica. Baseia-se na teoria de Aprendizagem de Significativa de Ausubel e nas ideias desenvolvidas por Postaman e Weingartener nos livros *Teaching as a subversive activity* (1969), *Technopoly*, (1993) e *The End of Education*, (1996), apud MOREIRA (2010).

Para Moreira (2010), a Aprendizagem Significativa Crítica tem a possibilidade de permitir ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela, colocando o estudante não apenas como participante, mas como sujeito crítico do processo de ensino e aprendizagem, sendo capaz de modificar a realidade apresentada. Nesse sentido o autor elenca alguns princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica:

1. Princípio do conhecimento prévio
2. Princípio da interação social e do questionamento.
3. Princípio da não centralidade do livro de texto.
4. Princípio do aprendiz como perceptor/representador.
5. Princípio do conhecimento como linguagem.
6. Princípio da consciência semântica.
7. Princípio da aprendizagem pelo erro.
8. Princípio da desaprendizagem.
9. Princípio da incerteza do conhecimento.
10. Princípio da não utilização do quadro-de-giz.
11. Princípio do abandono da narrativa.

Estes onze princípios propostos podem ser considerados no todo ou em parte, quando do desenvolvimento de estratégias e atividades didáticas para o ensino, a fim de se obter uma Aprendizagem Significativa Crítica, o que implica em mudanças na didática do professor e no

modelo escolar atual. Como exemplo pode-se citar o uso de atividades diferenciadas, como seminários, atividades experimentais e projetos de pesquisas com o objetivo de diversificar a utilização do quadro de giz.

No planejamento e na implementação das UEPS nos valem os destes princípios para estabelecer relações entre as estratégias de ensino e a sua execução. Como um dos objetivos das UEPS é desenvolver atividades facilitadoras de aprendizagem, os princípios do conhecimento prévio, da interação social e do questionamento, da não centralidade do livro texto, da participação ativa do aluno e do abandono da narrativa foram amplamente explorados no contexto deste trabalho.

3.5 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS

A elaboração do material didático para alcançar o objetivo geral deste trabalho, qual seja, a inserção de tópicos de Física de Partículas no Ensino Médio, se deu através da elaboração e implementação de duas UEPS, que são sequências didáticas fundamentadas em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem significativa.

Conforme Moreira (2011), as UEPS seguem os princípios abaixo:

- O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);
- É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);
- Organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- Situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Vergnaud);
- Frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird);
- A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;

- O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin);
- A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin);
- Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);
- Essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira);
- A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno. (MOREIRA, 2011, p. 3)

Na elaboração das UEPS, Moreira (2011) propõe que as sequências de ensino sigam oito passos, e que estes sejam compostos por materiais e estratégias didáticas diversificadas, cabendo ao professor buscar a melhor forma de implementá-las. De maneira simplificada, os passos são os seguintes:

1. Definição dos tópicos/conceitos que devem ser abordados e a forma como o conhecimento vai ser declarado e executado;
2. Elaboração de situações que levem o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, e que possa ser relevante para que ele tenha uma aprendizagem significativa;
3. Proposição de situações-problema introdutórias, que visem preparar o aluno para os conceitos que serão abordados. Como exemplo podemos citar simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, filmes, entre outros. Estas situações devem dar sentido aos novos conhecimentos;
4. Apresentação do conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, ou seja, começando dos aspectos mais gerais para os mais específicos;
5. Retomar os aspectos mais gerais, estruturantes do conteúdo da unidade de ensino, em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação, propondo situações-problema em níveis crescentes de complexidade;
6. Dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, buscando a reconciliação integrativa, através de nova apresentação dos significados;
7. Avaliar a aprendizagem, ao longo da implementação da UEPS, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa;
8. Verificar se houve êxito ou não na implementação da UEPS, ou seja, se a avaliação do desempenho dos alunos demonstra evidências de aprendizagem significativa. A aprendizagem

significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo, por isso a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Os referenciais adotados na construção das UEPS, acima explicitados, se complementam e buscam a interação entre professor, aprendiz e o material potencialmente significativo, sempre objetivando uma aprendizagem significativa.

Observamos também a presença de outras teorias construtivistas, utilizadas em determinadas etapas das sequências didáticas, durante a construção das UEPS. Entre elas destaca-se a Teoria da Mediação de Vygotsky, cuja ideia central é que a aquisição do conhecimento se dá pela interação do sujeito com o meio, tornando o material potencialmente significativo, facilitando a aprendizagem significativa. Fundamenta-se nas relações sociais entre o indivíduo e o mundo exterior. Na ideia de Vygotsky o professor é o mediador, é o que apresenta ao aluno significados socialmente aceitos. O aluno, por sua vez, tem como responsabilidade captar estes significados. Portanto o ensino se consuma quando aluno e professor compartilham significados (MOREIRA, 2011, p. 119).

No capítulo seguinte serão detalhados os aspectos metodológicos da pesquisa à luz dos referenciais teóricos aqui descritos.

4 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Várias são as possibilidades metodológicas de ensino para abordarmos determinados conteúdos de Física em sala de aula. Esta pesquisa trata da construção e implementação de duas UEPS, como sequência didática, com o objetivo de inserir tópicos de Física de Partículas integradas aos conteúdos clássicos ministrados no Ensino Médio.

Em nossa pesquisa optamos em realizar uma abordagem predominantemente qualitativa, complementada com alguns enfoques quantitativos, pois entendemos ser uma maneira frutífera de agregar resultados.

Segundo Chizzotti (2008, p.28), o termo qualitativo implica uma partilha densa com pessoas, fatos e locais que constituem objetos de pesquisa, para extrair desse convívio os significados visíveis e latentes que somente são perceptíveis a uma atenção sensível.

Neste sentido a análise qualitativa aplicada ao presente trabalho favoreceu a interpretação dos resultados da pesquisa, a partir dos referenciais teóricos e dos instrumentos metodológicos implementados nas sequências das UEPS.

A pesquisa quantitativa permite verificar se há diferença entre grupos observados e entre atividades realizadas, e até mesmo auxiliar na análise da evolução de um mesmo grupo ou indivíduo. Segundo Minayo (2004) “O conjunto de dados quantitativos e qualitativos não se opõem. Ao contrário, se complementam, pois a realidade abrangida por eles interage dinamicamente, excluindo qualquer dicotomia”.

Segundo Gil (2002), estudo de caso é o estudo de um ou poucos objetos de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Esta pesquisa pode também ser caracterizada como pesquisa participante, visto existir a interação entre pesquisadores e membros das situações investigativas.

Chizzotti (2008) afirma que o estudo de caso objetiva a reunião de dados de relevância, tendo como referencial o objeto de estudo. Dessa forma, de posse dos dados, busca-se alcançar o conhecimento de maneira mais ampla, esclarecendo questões e dúvidas e instruindo ações posteriores.

Neste capítulo abordaremos o contexto em que o trabalho foi desenvolvido, o detalhamento das UEPS e a descrição das atividades colaborativas utilizadas.

4.1 Contexto da pesquisa

A pesquisa foi realizada durante o segundo trimestre de 2013 (03/06 a 30/09) e terceiro trimestre de 2013 (01/10 a 08/01), na escola Estadual de Educação Básica Augusto Ruschi, localizada em Santa Maria, no interior do estado do Rio Grande do Sul, na disciplina de Física em que a pesquisadora é a professora regente, numa turma da terceira série do Ensino Médio, no turno da tarde.

A carga horária da disciplina se resume a três períodos semanais, de 50 minutos cada hora-aula. Optamos em aplicar a presente pesquisa em uma turma da terceira série do Ensino Médio, pois a integração pretendida neste trabalho era entre tópicos de Física de Partículas e Eletricidade e Magnetismo, que são trabalhados normalmente nesta série.

Os estudantes que participaram da pesquisa foram em número de 26, sendo 8 (oito) do sexo masculino e 18 (dezoito) do sexo feminino. Em relação à faixa etária, as idades estão entre 16 e 18 anos. Todos os alunos que participaram desta pesquisa assinaram um termo de compromisso livre e esclarecido, que se encontra no apêndice 1.

4.2 Instrumentos de coleta de dados

Como instrumentos de coleta de dados foram utilizados as anotações no diário e os materiais produzidos pelos alunos nas atividades didáticas empregadas, quais sejam, mapas conceituais, elaboração e apresentação da linha do tempo da evolução das partículas elementares, atividades desenvolvidas nos experimentos, questões-chave, atividades extraclasse e avaliações, que serão detalhados em cada UEPS.

Para a verificação dos resultados realizamos uma análise quali-quantitativa dos questionários inicial e final aplicados na primeira UEPS, e uma análise qualitativa dos mapas conceituais desenvolvidos em ambas UEPS. As demais atividades não foram analisadas quantitativamente, mas a análise qualitativa contribuiu na avaliação da UEPS.

4.3 O plano de ensino

A proposta de ensino apresentada teve como intuito, além da inserção de tópicos de Física de Partícula integradas aos conteúdos de Eletricidade e Magnetismo, acrescentar ao plano de ensino anterior da escola (quadro 3) que faz parte de seu projeto pedagógico, uma estratégia de ensino que pudesse facilitar a organização dos conteúdos de Física, com base no programa referência para o concurso vestibular da UFSM (anexo 1).

Plano de ensino da escola	
Objetivos	Compreender os fenômenos naturais e tecnológicos a partir de princípios, leis e modelos e compreensão do estudante, entendendo a linguagem própria da física que utiliza conceitos e terminologias definidos e suas formas de expressão: tabelas, gráficos ou relações matemáticas.
Conteúdos	Carga Elétrica. Quantização da Carga Elétrica. Atração e Repulsão entre Partículas Carregadas. Corpo Carregado. Condutores. Isolantes. Processos de Eletrização. Lei de Coulomb. Campo Elétrico. Linhas de Campo. Diferença de Potencial. Superfícies Equipotenciais. Capacitores. Campo Elétrico. Corrente Elétrica. Corrente Real. Corrente Contínua. Corrente Alternada. Resistor. Resistência. Resistividade. Lei de Ohm. Efeito Joule. Potência.. Lei das Malhas. Lei dos Nós. Voltímetro. Amperímetro. Ímãs. Pólos Magnéticos. Atração e Repulsão entre Pólos Magnéticos. Campo Magnético. Linhas de Campo Magnético. Fluxo do Campo Magnético. Lei de Gauss para o Magnetismo. Campo Magnético Terrestre. Lei de Ampère. Força sobre uma Partícula Carregada em Movimento numa Região com Campo Magnético. Aceleradores de Partículas. Força sobre um Fio Condutor Percorrido por uma Corrente numa Região com Campo Magnético. Motor Elétrico. Lei da Indução de Faraday. Lei de Lenz. Galvanômetro. Gerador. Dínamo. Alternador. Transformador. Diamagnetismo. Ferromagnetismo. Paramagnetismo. Onda Eletromagnética. Postulado de Einstein da Velocidade da Luz. Difração. Polarização. Efeito Fotoelétrico. Dualidade Onda-Partícula. Frente de Onda. Raio de Luz. Reflexão. Refração. Dispersão. Leis da Reflexão. Espelhos. Leis da Refração. Lentes.
Avaliação	A avaliação é realizada de forma individual, contínua, processual e gradativa, na qual o educando será observado constantemente na realização das atividades individuais ou coletivas, levando-se em conta os aspectos qualitativos e quantitativos.

Quadro 3 – Síntese do plano de ensino oficial da escola.

Para isso, procuramos manter as determinações do projeto pedagógico da escola com todos seus objetivos e competências, e acrescentar uma sugestão de plano de ensino, com uma nova estratégia que agregasse tais determinações com a proposta da pesquisa, a fim de

facilitar a aprendizagem significativa dos alunos. Desta forma, propomos e desenvolvemos durante o ano letivo um plano de ensino conforme quadro 4.

	Plano de ensino proposto e implementado
Objetivos	Espera-se que ao final do ano letivo os conteúdos abordados habilitem os estudantes a compreender os fenômenos naturais e tecnológicos a partir de princípios, leis e modelos, e que ocorram evidências de aprendizagem significativa.
Conteúdos Programáticos	1º Trimestre: Raio de Luz – Reflexão – Leis da Reflexão – Refração – Dispersão – Espelhos esféricos – Leis da refração – Lentes – Reflexão total – Olho humano – Máquina fotográfica – Lupa – Microscópio. 2º Trimestre: Modelo - Carga elétrica – Quantização da carga elétrica – Partículas elementares – Processos de eletrização – Condutores e Isolantes – Atração e repulsão entre cargas – Lei de Coulomb – Corrente elétrica – Resistores – Resistência – Resistividade – Lei de Ohm – Efeito joule – Potência Voltímetro – Amperímetro – Imãs – substâncias magnéticas 3º Trimestre: Campo elétrico – Campo Magnético – Interações Fundamentais – Linhas de Campo – Campo magnético terrestre – Leis de Ampere e Faraday – Força magnética – Aceleradores de Partícula – Lei de Lens – Galvanômetro – Gerador – Dínamo – Alternados – Transformador – Ondas Eletromagnéticas – Difração – Polarização – Efeito Fotoelétrico.
Estratégias de Ensino	1º Trimestre: as aulas serão expositivas, com resolução de exercícios e experimentais. Trabalhos em grupos e com avaliações individuais. 2º e 3º Trimestre: as aulas seguirão os passos das UEPS com os conteúdos que fazem parte da elaboração das mesmas. Os conteúdos que não foram inseridos nas UEPS serão ministrados de forma expositiva e com atividades experimentais e trabalhos em grupos.
Avaliação	As avaliações serão individuais, contínuas, e em grupo no primeiro trimestre. No segundo e terceiro trimestre as avaliações serão a soma das atividades colaborativas das UEPS com as avaliações que serão feitas.

Quadro 4 - Síntese do plano de ensino proposto e implementado

4.4 Descrição das UEPS

Ao abordarmos os tópicos de Física de Partículas integrados aos conteúdos clássicos de Eletricidade e Magnetismo elaboramos e implementamos duas UEPS.

Na elaboração de cada UEPS seguimos os princípios elencados por Moreira (2011), através das sequências sugeridas, de forma a tornar possível a integração dos conteúdos clássicos de Eletricidade e Magnetismo a tópicos de Física de Partículas.

A seguir apresentaremos detalhadamente as duas UEPS construídas, também descritas nos apêndices 2 e 11.

Na primeira UEPS, descrita na seção 4.4.1, abordamos a integração entre conteúdos de Eletricidade e o tópico Partícula Elementar, com o objetivo de demonstrar que é possível essa integração. Foram realizadas, inicialmente, atividades que externalizassem os conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos conteúdos envolvidos. A partir da análise dessas atividades elaboramos a primeira UEPS, partindo de tópicos mais gerais, como o estudo dos constituintes básicos da matéria, a ideia de modelo para Ciência e os modelos atômicos, integrando-os aos conceitos que envolvem a eletricidade, até inserimos conceitos mais específicos de Física de Partículas, como o estudo das Partículas Elementares.

Na segunda UEPS, descrita na seção 4.4.2, também realizamos uma atividade inicial para conhecermos os subsunçores dos estudantes em relação aos tópicos que seriam abordados, iniciando com a ideia de força e interação. Com o objetivo de integrar os conceitos de campo elétrico, campo magnético e o estudo das interações fundamentais, elaboramos as sequências de forma integrada aos conteúdos de Eletricidade e Magnetismo.

Durante as sequências descritas na seção 4.4.1 e 4.4.2, vários foram os recursos didáticos utilizados nas atividades individuais e colaborativas propostas nas situações-problema. Moreira (2011) define atividades colaborativas como:

Resolução de tarefas (problemas, mapas conceituais, construção de um modelo, realização de uma experiência de laboratório, etc.) em pequenos grupos (dois a quatro participantes), com participação de todos integrantes e apresentação, ao grande grupo, do resultado, do produto, obtido; esse resultado deve ser alcançado como um consenso do pequeno grupo a ser apreciado criticamente pelo grande grupo. (MOREIRA, 2011,p.8)

Em cada UEPS descrevemos e exemplificamos as atividades colaborativas desenvolvidas. Das atividades desenvolvidas na primeira UEPS analisamos os resultados dos questionários inicial e final, juntamente com os mapas, que se encontram no capítulo 5.

4.4.1 Primeira UEPS – integração entre Eletricidade e Partículas Elementares

Tendo por referência os aspectos sequenciais sugeridos por Moreira (2011), citados na seção 3.5 deste trabalho, descreveremos esta primeira UEPS, implementada *no segundo trimestre de 2013*.

1º Passo: foram identificados os objetivos que nortearam a unidade didática e os conceitos propostos para desenvolvimento da UEPS.

Objetivos – facilitar a compreensão dos fenômenos e conceitos básicos de partículas elementares, carga elétrica, processos de eletrização e força elétrica. Identificar, através das atividades da UEPS, se houve aprendizagem significativa.

Conceitos – átomo, modelo, modelos atômicos, modelo padrão, partícula elementar, elétron, próton, nêutron, quark, carga elétrica, quantização da carga, processos de eletrização, força elétrica.

2º Passo: foram desenvolvidas, a partir da situação inicial, três atividades para identificar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos tópicos definidos. Além disso, utilizamos, para tanto, um questionário inicial (apêndice 3) cujos resultados serviram, também, para a segunda UEPS (apêndice 11), e a elaboração de mapas livres, com o objetivo de verificar os subsunçores relevantes na pesquisa.

Situação Inicial – foram propostas três atividades de ensino com a finalidade de verificar os conhecimentos prévios dos alunos.

Atividade 01 – a primeira atividade teve como objetivo investigar os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Foi aplicado um questionário inicial, com questões abertas e fechadas (apêndice 3) relacionadas aos conceitos abordados nas duas UEPS.

Atividade 02 – esta atividade foi elaborada após a análise das questões da atividade 1. A partir das repostas dos alunos, foram identificamos conceitos que envolvessem a constituição da matéria. Em duplas, os alunos receberam os conceitos e foram orientados na construção de mapas livres. Após finalizarem a elaboração dos mapas livres, os alunos explicaram, em um texto, o mapa construído. Os mapas e os textos foram entregues à professora.

Atividade 03 – foram formuladas questões a partir dos conhecimentos demonstrados nos mapas livres, colocadas em discussão para o grande grupo com a mediação da professora e registradas no diário. Esta atividade teve como objetivo esclarecer algumas relações criadas

pelos alunos quando da ligação dos conceitos nos mapas livres, identificando suas concepções a respeito do tema abordado.

Descrição das atividades iniciais – foram realizadas três atividades iniciais: o questionário inicial, a construção de um mapa livre e a discussão das questões elaboradas a partir das atividades com os conhecimentos prévios.

Questionário Inicial

Como mencionado no capítulo do referencial teórico, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se relaciona com outra informação existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Para verificarmos os subsunçores, elaboramos e aplicamos um questionário inicial com questões abertas e fechadas a respeito dos conceitos que seriam abordados nas UEPS.

Rosa (2013) afirma serem os questionários um dos instrumentos mais utilizados em pesquisas, classificando-os em dois grupos:

Pertencem ao primeiro grupo, chamado de questionário restrito ou de forma fechada, aqueles questionários que pedem respostas curtas, do tipo sim ou não, ou do tipo de marcar itens de uma lista de respostas sugeridas, etc. O segundo grupo, chamado de aberto, é formado por aqueles questionários que pedem aos respondentes que usem suas próprias palavras (oralmente ou por escrito) para responderem aos itens do questionário. (ROSA, 2013, p.91)

O questionário inicial foi elaborado com doze questões, sendo duas questões abertas e dez do tipo fechadas. Destas, sete de múltipla escolha, uma de verdadeiro ou falso e duas para verificar os conhecimentos a respeito dos conceitos relacionados à Física de Partículas e interações. Algumas questões foram retiradas de outros trabalhos com o mesmo tema e outras elaboradas pela pesquisadora, conforme apêndice 3. Ressalta-se que as questões foram aplicadas apenas neste trabalho, portanto não foram submetidas a um processo de validação.

A partir da análise das respostas do questionário inicial foram selecionados os conceitos utilizados pelos alunos na elaboração do mapa livre.

Mapa livre

Após analisarmos o questionário inicial, foi proposta aos alunos a construção de um mapa livre. Definimos como mapa livre uma estratégia didática em que os estudantes têm a liberdade de elaborar relações entre conceitos ou tópicos, em forma de diagrama, sem a

preocupação da hierarquia entre os conceitos e sem a necessidade de palavras de ligação que expliquem as relações entre os conceitos.

No desenvolvimento desta atividade, apenas deveriam ser feitas as relações entre os conceitos presentes na estrutura cognitiva dos estudantes, sem a preocupação com o “certo e o errado”. Cabe ressaltar que a maioria dos alunos da turma já havia trabalhado com mapas conceituais anteriormente nas aulas, pois é um recurso que vem sendo utilizado pela professora pesquisadora já há algum tempo em sua prática docente. A familiaridade dos estudantes pode ser observada através da utilização de palavras de ligação na construção dos mapas livres que podem ser verificadas no capítulo 5, seção 5.2.2 nas figuras 10, 11, 13 e 14.

Os alunos formaram duplas ficando estabelecido que elas fossem mantidas em todas as atividades subsequentes. Foram entregues às duplas, em uma folha, conceitos selecionados nas respostas do questionário inicial e também de anotações do diário, presentes no quadro abaixo.

Após a entrega dos conceitos e da explicação do que deveria ser feito, foi proposta aos alunos a questão “*De que é formado o universo?*”, para que construíssem um mapa livre que contivesse os conceitos e relações apresentadas no quadro 5, juntamente com os conceitos que estivessem presentes na sua estrutura cognitiva.

matéria	átomo	bárions	elétrons	prótons	núcleo
partícula elementar	moléculas	neutrino	carga	nêutrons	
bósons	antimatéria	quarks	força elétrica	bósons	
léptons	neutrino	antipartícula	mésons	hádrons	
modelo atômico	força gravitacional		força eletromagnética		

Quadro 5 – conceitos disponibilizados aos alunos para a elaboração dos mapas livres

Nesta atividade os alunos puderam expressar de forma livre as relações entre os conceitos, sem a preocupação de apresentá-los hierarquicamente, como ocorre na construção dos mapas conceituais. Alguns dos mapas livres elaborados pelos alunos são apresentados no capítulo 5.

Questões elaboradas a partir das atividades com os conhecimentos prévios

Para esta atividade, após análise dos mapas livres confeccionados pelos alunos, elaboramos algumas questões com o objetivo de externalizar as ligações entre conceitos apresentados. Selecionamos e analisamos alguns mapas, os quais foram apresentados para a turma no data show e discutidos com o grupo. Esta atividade também objetivou ouvir a opinião dos alunos e estimular o interesse sobre o assunto.

1. De que o Núcleo é formado?
2. Qual a relação núcleo, nêutron e neutrino?
3. Qual a relação entre partícula, partícula elementar e antipartícula?
4. Existe uma relação entre força e interação?
5. Qual a menor parte da matéria?
6. Qual a diferença de átomo e molécula?
7. Quais as partículas que possuem carga?
8. Qual a relação você quis fazer ao colocar *Planeta* no mapa?
9. Existe uma relação entre força e matéria?
10. Qual a ligação do núcleo com as partículas?
11. Existe relação entre matéria e interação?
12. Qual a relação da carga com a partícula?

Cabe ressaltar que as questões foram discutidas pelos alunos sem que os autores dos mapas fossem identificados e sem a necessidade de chegar às respostas corretas. As respostas e comentários foram registrados no diário (anexo 2).

3º Passo: nesta sequência foram desenvolvidas duas situações-problema, num nível introdutório, com o objetivo de demonstrar a importância dos modelos para a construção do conhecimento, como se deram os primeiros experimentos a respeito da constituição do átomo, introduzir o conceito de partícula elementar e carga elétrica e demonstrar experimentalmente os processos de eletrização. No início de cada situação-problema propusemos questões-chave para serem discutidas pelo grande grupo antes da realização dos experimentos.

Situações-problema iniciais: desenvolvemos duas situações-problema com propósito de discutir com os alunos como foram feitas as primeiras descobertas a respeito da constituição do átomo, o uso de modelos para explicar as evidências experimentais e as propriedades elétricas da matéria.

Situação-problema 1 – “O Espalhamento de Rutherford” – atividade proposta pelo Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares, apresentada e publicada na revista Física na Escola sob o título Espalhamento de Rutherford na sala de aula do Ensino Médio, de (SIQUEIRA e PIETROCOLA, 2010).

No início de cada situação-problema, propusemos uma questão-chave para ser discutida pelo grande grupo.

Questão-chave – Como descrever o átomo se não podemos observá-lo diretamente?

Para respondermos esta questão desenvolvemos uma atividade baseada em observações, utilizando uma metáfora como analogia aos princípios que sustentam os aceleradores reais e empregando princípios explorados no trabalho de Ernest Rutherford. Para tanto, foram confeccionados materiais conforme descrito no apêndice 4. Após a atividade apresentamos um vídeo com a demonstração do experimento de Rutherford.

Atividade - O Espalhamento de Rutherford – Os alunos realizaram uma experiência prática de "observar" objetos que não podem ser vistos e, através das leis da reflexão, tentaram descrever e identificar as formas dos objetos escondidos sob um tampo de madeira, jogando esferas (bolinhas de gude) contra esse objeto e observando as trajetórias defletidas.

A turma foi dividida em cinco grupos e para cada grupo foram distribuídas duas figuras, colocadas sob um tampo de madeira sem que os alunos pudessem observá-las. Os grupos tentaram identificar as figuras e responder às questões propostas, conforme descrito na atividade (apêndice 4), as quais foram discutidas com a professora.

Na aula seguinte, na sala de informática da escola, apresentamos um vídeo sobre espalhamento de Rutherford -<http://www.youtube.com/watch?v=mmAvvx5m6ts>. Durante a apresentação foram feitas pausas para que os alunos respondessem as questões propostas, seguindo com debates sobre as questões respondidas.

Descrição da situação-problema 1 – O Espalhamento de Rutherford – o uso do recurso analogia no ensino de Ciências está de acordo com os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Podemos dizer que a utilização deste recurso nas atividades aplicadas serviu para apresentar o novo conhecimento a partir de uma situação já dominada pelos estudantes. Desta forma, o novo conhecimento pode se relacionar com os subsunçores, ou seja, a comparação entre os conhecimentos prévios e o novo conhecimento.

Segundo Francisco Jr. (2009), analogia é uma comparação entre dois eventos com o intuito de explicar aquele ainda desconhecido, por meio de outro já familiar adotado como referência.

Partindo da ideia de que as analogias podem contribuir para a ocorrência da aprendizagem significativa, utilizamos nas UEPS analogias como recurso didático.

Adaptamos a atividade publicada na revista Física na Escola em nosso trabalho, conforme consta no apêndice 4, o “Espalhamento de Rutherford”.

Esta situação-problema teve como objetivo iniciar o estudo dos modelos atômicos. Por envolver noções abstratas de difícil entendimento para a maioria dos estudantes, utilizamos a atividade para apresentar o experimento de Rutherford, explicando o processo de construção do modelo, e de algo não visível a olho nu como o átomo.

Na atividade desenvolvida por Siqueira e Pietrocola (2010), os autores construíram um experimento rudimentar análogo ao de Rutherford, com o objetivo de discutir a ideia de construção de modelos na Ciência, através de uma atividade prática. Nesta situação-problema procuramos, também, demonstrar como ocorre a construção e a validação de modelos na Ciência, mais especificamente os modelos atômicos, objeto do nosso estudo. Discutindo as relações entre a teoria e o experimento.

Propusemos, durante a realização da atividade, uma discussão sobre a possibilidade alternativa para visualização do átomo, se ele possui uma forma e qual seria. Na figura 4 mostramos algumas imagens dos alunos durante a realização da atividade.



Figura 4 – fotos dos alunos durante a execução da atividade – “Espalhamento de Rutherford”

Situação-problema 2 – processos de eletrização - esta atividade teve como objetivo explorar as propriedades elétricas da matéria de forma experimental e investigativa.

Questão-chave – Você já deve ter observado que, algumas vezes, ao descermos do carro e encostarmos-nos à porta levamos um leve choque. Existe alguma relação entre estes fatos citados e a constituição da matéria?

Antes da realização dos experimentos desta situação-problema, os alunos foram incentivados a levantar hipóteses acerca dos resultados que imaginavam obter com a realização dos mesmos. Após a realização das atividades experimentais, e de posse dos resultados verificados, os alunos confrontaram as respostas e discutiram as variações – o que imaginavam e o que efetivamente ocorreu, identificando os fenômenos envolvidos.

Descrição da Situação-problema 2 – Processos de Eletrização – outra estratégia de aprendizagem utilizada foi o uso de atividades experimentais, de maneira a integrar teoria e experimento, com o objetivo de estimular no aluno a curiosidade e possibilitar um maior diálogo entre aluno/aluno e aluno/professor, compartilhando significados e formando o que Gowin define como relação triádica de aprendizagem, já descrito no item 3.2 (figura 2).

Para Guimarães (2009, p.198), no ensino de ciências a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação. Dentro do contexto da aprendizagem significativa, pretendemos, nas atividades experimentais, explorar anteriormente os conhecimentos prévios dos alunos, de forma que ao realizar os experimentos os alunos pudessem relacioná-los com os novos conhecimentos, através dos questionamentos propostos nos roteiros (apêndice 5).

Nesta situação-problema, os alunos, em um primeiro momento, responderam individualmente a questão-chave proposta. Após, divididos em duplas, receberam um roteiro com questões e materiais para realizarem as atividades experimentais (apêndice 5). Esta sequência foi realizada com a mediação da professora e registrada no diário. Ao término da atividade, as questões respondidas foram entregues à professora, para discussão com todo o grupo e posterior explicação dos fenômenos observados em cada experimento

A primeira atividade experimental sobre processos de eletrização teve como objetivo estudar o comportamento da carga elétrica, um dos atributos das partículas elementares,

integrar o estudo dos fenômenos elétricos como as propriedades de atração e repulsão, e as diferenças de condutor e isolante, que podem ser observados nos processos de eletrização.

No desenvolvimento das atividades sugeridas buscamos uma participação maior dos alunos, pois procuramos identificar através da experimentação vários fenômenos, instigando a curiosidade dos alunos, de forma que eles elaborassem hipóteses anteriores à execução do experimento. Entendemos que, desta maneira, os alunos vão construindo o conhecimento de conceitos abstratos e pouco atrativos, facilitando a aprendizagem e estimulando a curiosidade. A figura 5 apresenta algumas imagens dos alunos durante a atividade desenvolvida.

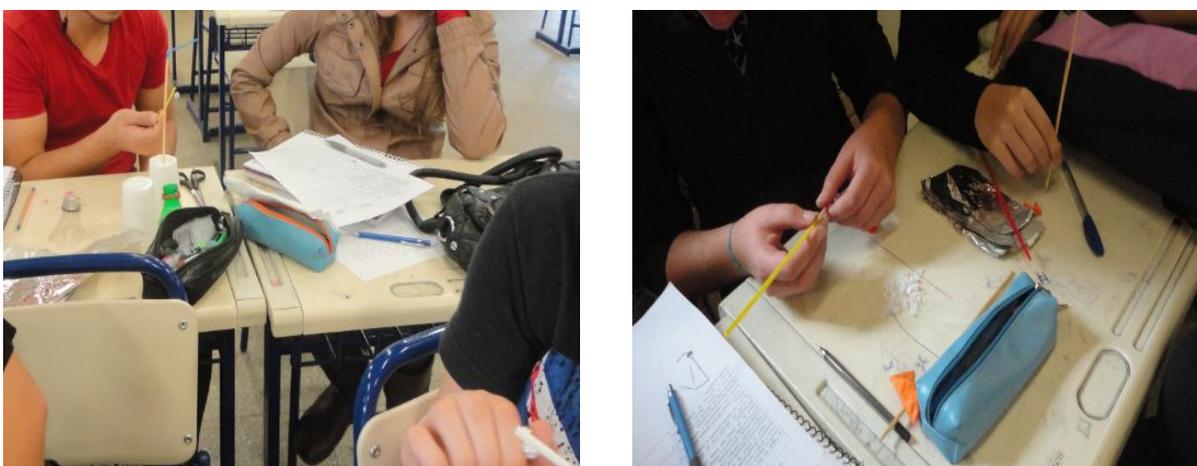


Figura 5 – fotos dos alunos durante a execução da atividade – “ Processos de Eletrização”

4º Passo: Nesta seqüência foram introduzidos os conceitos de átomo, partícula como constituinte da matéria, modelos atômicos, próton, nêutron, elétron, carga elétrica, processos de eletrização e eletricidade. Nesta etapa começamos com os aspectos mais gerais, partindo da ideia inicial do todo. Estes conceitos foram apresentados e discutidos no grande grupo durante a apresentação de slides.

Aprofundando o conhecimento – Foram trabalhados os conceitos de átomo, partícula constituinte da matéria, modelos atômicos, próton, nêutron, elétron, carga elétrica, processos de eletrização. Os conceitos foram apresentados e debatidos no grande grupo durante a apresentação de *slides* e através de textos. Neste momento procuramos discutir algumas atividades realizadas. No final da aula foram entregues aos alunos questões referentes aos

conteúdos desenvolvidos para que fossem resolvidas em duplas. Os *slides* e as questões citadas encontram-se, respectivamente, nos apêndices 6 e 7, e os textos no anexo 3.

5º Passo: Foram propostas novas situações-problema com um maior nível de complexidade. Alguns conceitos foram explicados com mais detalhes e outros foram introduzidos a partir do filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, utilizado como organizador prévio. Após, mais uma atividade foi realizada para que, progressivamente, fossem apresentados aos alunos os tópicos de Física de Partículas.

Nova situação-problema – Neste passo, foi apresentada nova situação-problema, com um nível maior de complexidade, com o propósito de discutir com os alunos o surgimento das partículas elementares e como elas estão organizadas no Modelo Padrão.

Questão-chave - Será que não existem partículas menores que o próton, nêutron e o elétron? Como elas podem ser detectadas?

Organizador Prévio – O filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares” (Abdalla, 2008) serviu como organizador prévio para esta situação-problema. Nesta atividade, após assistir o filme, foram distribuídas para cada dupla de alunos, questões retiradas do texto de apoio da dissertação de Pinheiro, L. A, 2011, conforme descritas no apêndice 8.

Na aula seguinte, num primeiro momento, foram discutidas as respostas das questões, com a mediação da professora. Ao final, os alunos elaboraram, em duplas, um mapa conceitual com os conceitos apresentados.

Descrição da atividade envolvendo organizador prévio – como dito anteriormente, organizadores prévios são materiais introdutórios utilizados antes do novo conhecimento ser apresentado, em situações que o estudante não apresenta os conhecimentos prévios necessários, e têm como objetivo facilitar a aprendizagem.

Para Ausubel, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber a fim de que o novo material pudesse ser aprendido de forma significativa. Ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas”. (MOREIRA, 2008, p.2)

Nesta situação-problema utilizamos com o organizador prévio o filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”. Este filme, baseado no livro homônimo da Dra. Maria Cristina Batoni Abdalla e produzido pela TV Cultura de São Paulo, conta a história de uma pesquisadora convidada para ministrar uma palestra para alunos do ensino médio, sobre as partículas elementares e a origem do universo, e o interesse despertado pelo tema nos alunos.

Este organizador prévio teve como objetivo propiciar a integração do novo conhecimento, como os conceitos de antimatéria, tipos de partículas elementares, interação e modelo padrão, com os já existentes na estrutura cognitiva do aluno, com matéria, átomo, elétron e partícula elementar.

Após assistir o filme, em duplas, os alunos responderam algumas questões sobre ele, retiradas do trabalho de Pinheiro (2011). Na aula seguinte foi realizado um debate com o grande grupo, cujo objetivo foi discutir as questões apresentadas. Na sequência da atividade foi entregue aos alunos o mapa livre feito na atividade inicial para que fizessem a comparação do conhecimento prévio com o novo conhecimento. Ao final da situação-problema os alunos elaboraram um mapa conceitual.

Descrição da atividade envolvendo mapa conceitual – os mapas conceituais são ferramentas gráficas, propostos inicialmente por Novak como forma de organizar hierarquicamente os conceitos. Conforme foi apresentado no capítulo 3 item 3.3, os mapas conceituais podem ser usados para evidenciar a estrutura hierárquica dos conceitos a serem ensinados, bem como para integrar e conciliar as relações entre os conceitos e promover sua diferenciação.

Mesmo não existindo um mapa correto, várias são as possibilidades a serem consideradas na avaliação de um mapa conceitual. Novak e Gowin (1988) sugerem alguns critérios de pontuação, e propõem que seja construído um mapa de referência para que possa ser feita uma comparação e aplicação de critérios pré-estabelecidos. Porém, não afasta a possibilidade da elaboração por parte dos alunos de mapas mais completos que os de referência.

Consideramos a construção dos mapas como sendo um importante instrumento de avaliação, de verificação da ocorrência de aprendizagem significativa e como processo de construção do conhecimento. O fato de não existir um mapa “correto” possibilita acompanhar livremente a evolução conceitual dos alunos, de forma a encontrarmos ou não indícios de uma aprendizagem significativa.

Neste trabalho foram elaborados mapas conceituais em duas atividades na primeira UEPS, quando buscou-se estabelecer uma relação entre a constituição da matéria, os processos de eletrização e tópicos de Física Partículas.

Optamos por fazer uma avaliação qualitativa dos mapas categorizando-os segundo um conjunto de critérios estabelecidos a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa. Os resultados das atividades com mapas conceituais da primeira UEPS são discutidos com mais detalhes na seção 5.2.1, onde demonstramos como o processo de categorização foi construído.

Diferenciação progressiva – Os conceitos foram novamente apresentados na forma do artigo “Sobre o Discreto Charme das Partículas Elementares” (ABDALLA, 2005). Nesta atividade a turma leu o artigo com a mediação da professora, que no decorrer da leitura ia destacando pontos relevantes sobre física de partículas, no momento em que cada nova partícula elementar era citada no artigo.

Ao término da leitura e da discussão foi proposta aos alunos a elaboração de uma linha do tempo das diferentes partículas elementares.

Os alunos elaboraram, em grupos, esboços da linha do tempo os quais foram apresentados na semana seguinte.

Descrição da atividade envolvendo a leitura de texto científico – a leitura, compreensão e discussão de artigos científicos também é uma possibilidade de recurso didático. Incentivar o hábito da leitura propicia o desenvolvimento da compreensão em todos os níveis de conhecimento, inclusive no científico, contribuindo para formação de cidadãos críticos.

Almeida e Rincon, (1993), Zanotello e Almeida, (2007), Andrade e Martins, (2006), Pereira e Londero, (2013), entre outros, acreditam que a leitura de textos de divulgação científica é uma alternativa que pode vir a proporcionar o desenvolvimento científico de estudantes de nível médio. Os primeiros sugerem que diferentes tipos de textos literários podem ser usados em aulas de Física, não apenas com a finalidade estritamente motivadora, mas como meio para gerar nos alunos atitudes cuja formação é encargo de qualquer disciplina. Por exemplo, podemos utilizar textos de reportagens de jornais e revistas, poemas, artigos científicos, capítulos de livros, histórias em quadrinhos, que demonstrem no seu conteúdo questões relacionadas com a Física, somados a outras áreas, mas que gerem nos alunos atitudes críticas, emoções, curiosidade científica, etc.

Optamos, na presente pesquisa, por uma leitura diferente do modelo tradicional, visto ser feita de forma dialogada e seguida de atividades que buscam fazer com que o aluno

desenvolva as relações necessárias para que ocorra a aprendizagem significativa. Esta atividade, também, teve como objetivo proporcionar gradativamente ao estudante a leitura de textos científicos, incentivando-os ao hábito da leitura.

Nesta atividade colaborativa foi proposta a leitura, do artigo “Sobre o Discreto Charme das Partículas Elementares” (ABDALLA, 2005) e uma discussão em grupo visando à elaboração de uma linha do tempo das partículas elementares. Os alunos, em grupo, fizeram um esboço da linha do tempo e planejaram como deveriam apresentar o trabalho para os colegas. Os trabalhos foram apresentados à turma uma semana após a leitura do texto. Do total de seis trabalhos, três foram apresentados na forma de cartaz, um em data show, um grupo apresentou a linha de forma dialogada e no quadro e um na forma de maquete. No anexo 4 apresentamos algumas das linhas do tempo elaboradas pelos alunos.

6º Passo: Neste passo foi realizada uma aula expositiva com o objetivo de concluir a unidade, retomando os conteúdos e integrando as atividades desenvolvidas durante a UEPS, buscando a reconciliação integrativa.

Aula integradora final – nesta atividade os conteúdos da UEPS foram apresentados em data show numa aula expositiva dialogada, com o objetivo de rever os conceitos e relacioná-los.

7º Passo: Foi proposta uma avaliação individual da aprendizagem.

Avaliação somativa individual – nesta atividade os alunos responderam questões abertas, onde expressaram livremente sua compreensão sobre Partículas Elementares junto com outras questões de Eletricidade. A avaliação pode ser visualizada no apêndice 9.

Durante as sequências das UEPS foram realizadas duas avaliações, com questões fechadas e abertas, procurando integrar os conteúdos abordados nas UEPS, e que fizeram parte das avaliações formais da disciplina.

Como proposto nas UEPS, as avaliações da aprendizagem dos alunos devem ser realizadas ao longo da sequência das mesmas, registrando todas as atividades que foram desenvolvidas pelos alunos. Na primeira UEPS foram propostas atividades que envolveram apenas os conteúdos de eletricidade, como as atividades experimentais, atividades e resolução de exercícios, atividades relacionadas apenas aos tópicos de Física de Partículas, como a linha

do tempo, a atividade com filme, e atividades que integrassem todos os tópicos estudados como a atividade com mapas e as avaliações individuais.

Portanto, a avaliação da aprendizagem dos alunos foi feita ao longo do trabalho, de forma contínua e colaborativa, levando em conta todas as atividades desenvolvidas, e registrando tudo que pudesse levar a indícios de aprendizagem significativa, tais como a participação dos alunos nas aulas e nas realizações das atividades registradas no diário.

8º Passo: Nesta atividade os alunos, em duplas, elaboraram um mapa conceitual integrando todos os conceitos vistos até o momento, com o objetivo de verificar se ocorreu uma progressividade da aprendizagem.

Avaliação da aprendizagem na UEPS – Os alunos elaboraram, em duplas, um mapa conceitual. Após, individualmente, responderam ao questionário final (apêndice 10), encerrando as atividades de avaliação da UEPS.

Avaliação da UEPS – A avaliação da UEPS ocorreu através da análise qualitativa das atividades realizadas, verificando se ocorreu uma aprendizagem significativa progressiva. Com esta avaliação foram analisadas também as observações registradas pela professora no diário, a avaliação somativa individual e as respostas das questões finais, comparadas com as questões iniciais aplicadas na primeira atividade.

Total de aulas: 18 horas-aula.

4.4.2 Segunda UEPS - Integração entre interações fundamentais, campo elétrico e campo magnético

Passamos agora a descrever a segunda UEPS (apêndice 11), desenvolvida no terceiro trimestre de 2013, observando, também, os aspectos sequenciais dos passos sugeridos por Moreira (2011).

1º Passo: foram identificados os objetivos que nortearam a sequência didática e os conceitos propostos para desenvolvimento da UEPS.

Objetivos – facilitar a compreensão dos fenômenos e conceitos básicos das interações fundamentais e dos conceitos de campo elétrico e magnético, e identificar se houve indícios de aprendizagem significativa.

Conceitos – interações fundamentais, campo magnético, campo elétrico, propriedades magnéticas e modelo padrão.

2º Passo: foram desenvolvidas, a partir da situação inicial, duas atividades para identificar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos tópicos definidos. Além disso, utilizamos algumas respostas do questionário inicial (apêndice 3) cujos resultados serviram, também, para elaboração das atividades da segunda UEPS (apêndice 11).

Situação inicial – foram propostas duas atividades iniciais com o objetivo de verificar as concepções dos alunos sobre os conceitos de força e interação.

Atividade 1 – “Interagindo com as imagens”- a primeira atividade teve com objetivo investigar os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva dos estudantes, relacionados aos conceitos de força e interação. Foi entregue a cada dupla uma folha contendo figuras (apêndice 12) para que os alunos as observassem e, posteriormente, relatassem suas observações, as quais foram entregues à professora.

Atividade 2 – nesta atividade as figuras foram novamente apresentadas, através de *slides*, para discussão com o grande grupo, com a intenção de ouvir a opinião dos alunos e destacar os tipos de forças e interações que estavam representadas nas figuras, sem a necessidade de chegar a uma resposta final sobre os conceitos envolvidos. Após, os alunos, em duplas, elaboraram mapas conceituais relacionando os conceitos verificados nas imagens.

Descrição das atividades iniciais “interagindo com as imagens” – foram duas atividades iniciais com o objetivo de identificar os subsunçores relevantes a respeito do tema.

Rego e Gouveia (2010) admitem que as imagens exercem um papel na leitura da mensagem que se quer transmitir, seja no entendimento do significado literal dela, seja na compreensão do sentido que o autor quer inculcar no leitor.

Ao abordarmos os conceitos de força e interação por meio de imagens, pretendemos abordar de forma simplificada o entendimento dos alunos sobre conceitos científicos.

Realizamos uma atividade com imagens, encontradas em materiais didáticos impressos como livros, revistas, artigos, páginas de *sites* da internet, entre outros, a qual denominamos “*Interagindo com as imagens*”, com o objetivo fazer um levantamento das concepções prévias dos alunos sobre os conceitos de força e interação. Utilizamos imagens que representam interações entre corpos que resultam em algum tipo de força (apêndice 12). Verificamos como os alunos interpretavam as imagens apresentadas e quais as relações conceituais presentes na estrutura cognitiva deles. Esta atividade tem como objetivo verificar o que os alunos sabem sobre o conceito de força e a integração entre este e o de interação.

Ao final da atividade as duplas entregaram para a professora um texto com suas compreensões sobre cada imagem. No dia seguinte as imagens foram novamente expostas aos alunos, projetadas no data show. Com a mediação da professora, cada imagem foi analisada e discutida, sem a preocupação de apresentar os conceitos, pois o objetivo era verificar o conhecimento prévio dos alunos. Ao término do diálogo os alunos formaram duplas e elaboraram mapas conceituais.

3º Passo: nesse passo foi desenvolvido uma situação-problema, num nível introdutório, com o objetivo discutir os conceitos de campo elétrico, campo magnético, e introduzir os respectivos conceitos. No início da situação-problema, propusemos questão-chave para serem discutidas pelo grande grupo antes da realização dos experimentos.

Situação-problema inicial – desenvolvemos uma situação-problema com o propósito de discutir com os alunos o conceito de campo. Foram realizadas atividades experimentais demonstrativas relacionadas aos conceitos de campo elétrico e campo magnético. Primeiro, apresentamos aos alunos uma questão-chave envolvendo a ideia de campo gravitacional para debate no grupo. Ao término do debate foi apresentada as atividades experimentais demonstrativas.

Questão-chave – Como você explica o fato da lua e os satélites artificiais se manterem em órbita ao redor da terra e não colidirem?

Atividade 1 – “Construindo a ideia de campo” – Esta atividade foi desmembrada em quatro experimentos (apêndice 13), demonstrados e mediados pela professora. Foram entregues para cada dupla de alunos, questões relacionadas às atividades, que foram respondidas na medida em que os experimentos eram demonstrados. Nesta etapa os alunos construíram o conceito de campo, com a mediação da professora. Estas atividades experimentais (figura 5) tiveram como objetivo demonstrar a forma como os corpos interagem, bem como verificar as propriedades eletromagnéticas.

Experimento 1 – Campo Gravitacional e elétrico – identificar a massa e a carga elétrica como fontes dos campos gravitacionais e elétricos, respectivamente.

Experimento 2 – Campo elétrico – visualizar a existência do campo elétrico e suas características através das linhas de campo.

Experimento 3 – Campo magnético – discutir as propriedades dos ímãs e visualizar a existência do campo magnético e suas características através das linhas de campo.

Experimento 04 - Experiência de Oersted – analisar o efeito magnético de uma corrente elétrica que percorre um fio condutor, conforme proposto por Oersted.

Descrição da situação-problema inicial – nesta UEPS realizamos quatro atividades experimentais demonstrativas, conforme apêndice 13, integrando a teoria e experimento.

A primeira atividade experimental teve o intuito de reconhecer a massa e a carga elétrica como fontes dos campos gravitacionais e elétricos, respectivamente, demonstrar as interações existentes nos campos e levar os alunos a investigar o comportamento dos dois campos. Na segunda atividade experimental o objetivo foi obter a visualização das linhas de força do campo elétrico geradas pelo condutor eletrizado. No terceiro experimento exploramos as propriedades magnéticas e a visualização das linhas de campo magnético. Finalizamos com o experimento de Oersted com o objetivo de investigar e compreender a relação entre Eletricidade e Magnetismo.

Durante a atividade procuramos dialogar com os alunos com vistas a integrar a teoria e o experimento. Entregamos questões para os alunos para direcionar os tópicos que estudaríamos. Como as atividades experimentais foram demonstrativas procuramos estabelecer relações entre os conceitos que eles já haviam estudado e conceitos espontâneos

apresentados durante o diálogo, proporcionando aos estudantes a participação ativa na construção do conhecimento.

Nosso objetivo foi demonstrar que as atividades experimentais podem ser conduzidas de modo a se tornar instrumentos úteis no processo ensino-aprendizagem, desde que integradas à sequência lógica dos conteúdos, (PALANDI et al, 2007). Nas figuras 6 e 7 apresentamos algumas fotos dos experimentos realizados pela professora.

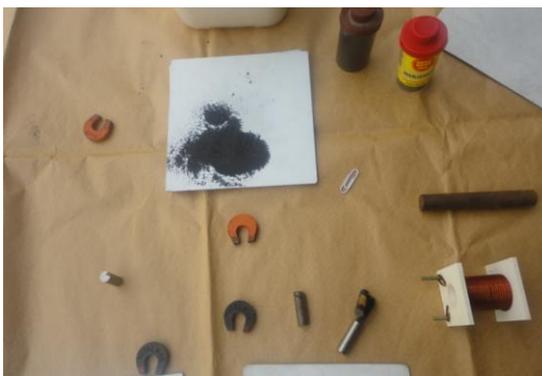


Figura 6 – Fotos dos materiais para o experimento 3 realizados na atividade 1

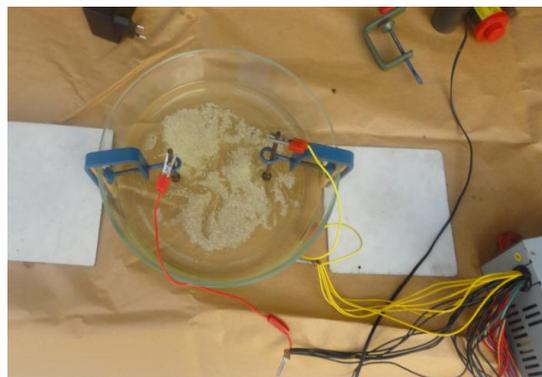


Figura 7 – Fotos dos experimentos 2 e 4 realizados na atividade 1

4º Passo: Nesta sequência foram introduzidos os conceitos de campo, campo elétrico, campo magnético e propriedades magnética da matéria. Nesta etapa começamos com os aspectos mais gerais, partindo da ideia inicial do todo. Estes

conceitos foram apresentados e discutidos no grande grupo durante a apresentação de slides.

Aprofundando o conhecimento – trabalhamos os conceitos de campo, interação, propriedades magnéticas, campo elétrico, linhas de campo, campo magnético e eletromagnetismo. Os conteúdos foram apresentados através de *slides*. Após os alunos, em dupla, elaboraram um mapa conceitual.

5º Passo: Foi proposta uma nova situação-problema com um maior nível de complexidade. Alguns conceitos foram explicados com mais detalhes e outros foram introduzidos a partir de uma analogia. Após, mais uma atividade foi realizada para que progressivamente fossem introduzidos aos alunos os tópicos de Física de Partículas.

Nova situação-problema – nesta sequência foi apresentada nova situação-problema, relacionada aos conceitos de interação, mediados por troca de partículas. Utilizamos como questão-chave a analogia, com o objetivo de fazer relações do conhecimento prévio do aluno com o conceito de interação como troca de partículas mediadoras. Após as discussões, foi feita a leitura de tópicos de um artigo científico, com a mediação da professora.

Questão-chave: Imagine a seguinte situação: Uma comitiva de aliens veio ao nosso planeta para estudar os nossos costumes. Entre estes costumes estava a partida de futebol. Só que estes seres extraterrestres, devido a sua estrutura visual, não conseguiam ver os objetos da cor branca e preta. Então no jogo de futebol, não conseguiam ver a bola. Durante o jogo eles viam os jogadores se movendo e fazendo gestos, dando a entender que trocavam entre si algum tipo de objeto. Eles também podiam ver que, em determinados momentos, a rede balançava, e havia uma grande comoção na torcida. Também perceberam que nesta ocasião a rede adquiria um formato arredondado. Estes seres observaram muitos jogos e faziam várias anotações na tentativa de entendê-lo. Ao final das observações e depois das análises de suas anotações, perceberam que toda a movimentação dos jogadores adquiria sentido se eles estivessem trocando entre si um objeto, e que este objeto deveria ter uma forma arredondada. Todas essas conclusões foram tiradas sem que os aliens pudessem efetivamente ver a bola. (KREY, 2009, p. 65).

Descrição da atividade com analogia – utilizamos uma analogia como questão-chave para discutirmos a ocorrência das interações fundamentais como troca de partículas. A analogia teve como objetivo fazer a relação entre interação através de partículas mediadoras e a troca de objetos entre pessoas.

Diferenciação progressiva – nesta etapa foi apresentada nova situação-problema, relacionada aos conceitos de interação, mediados por troca de partículas. Utilizamos parte de um artigo científico para apresentar as partículas mediadoras e finalizarmos o modelo padrão. As discussões foram feitas com a mediação da professora, durante a leitura de tópicos do artigo.

Descrição da atividade com a leitura do artigo – após a discussão da analogia, foi apresentado aos alunos parte do artigo científico “O Modelo Padrão da Física de Partículas” Moreira (2009). Durante a leitura mediada pela professora, os alunos foram fazendo anotações relacionando os conteúdos já estudados e os novos que estavam sendo apresentados no texto. A partir dessas anotações os alunos, em duplas, elaboraram um mapa conceitual integrando os conceitos estudados nas duas UEPS.

6º Passo: Neste passo foi realizada uma aula expositiva com o objetivo de concluir a unidade, retomando os conteúdos e integrando as atividades desenvolvidas durante a UEPS, buscando a reconciliação integrativa.

Revisão – alguns conceitos foram apresentados novamente, a partir do livro-texto adotado pela escola (Curso de Física – Máxima e Alvarenga), lidos em duplas e com a mediação da professora. Na sequência, a professora retomou os conteúdos, fez uma análise das atividades desenvolvidas numa aula expositiva e dialogada. Foi entregue uma lista de exercícios de aplicação do conteúdo (apêndice 14) para ser feita em casa e posteriormente corrigida.

7º Passo: Neste passo foi proposta uma avaliação individual da aprendizagem.

Avaliação Individual – foi realizada uma avaliação individual (apêndice 16) através de questões abertas e fechadas envolvendo os conceitos da UEPS.

8º Passo: Nesta atividade os alunos, em duplas, elaboraram um mapa conceitual integrando todos os conceitos vistos até o momento, com o objetivo de verificar se ocorreu uma progressividade da aprendizagem.

Avaliação da aprendizagem na UEPS – realizamos a análise qualitativa dos materiais produzidos pelos alunos durante as atividades realizadas na implementação desta UEPS, verificando se ocorreu uma progressiva aprendizagem significativa. Avaliação dos mapas conceituais integrando os tópicos abordados nas duas UEPS.

Total de aulas: 11 horas-aula.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos. (AUSUBEL, 2000, p.1)

Considerando os referenciais de aprendizagem e os procedimentos metodológicos descritos na presente pesquisa, passaremos à análise e discussão dos resultados das atividades da primeira UEPS, para verificar se os recursos didáticos empregados na construção da UEPS tornaram-na potencialmente significativa e conduziram ou não a uma aprendizagem significativa.

Na seção 5.1 é feito um levantamento quantitativo e qualitativo do questionário inicial aplicado com o fim de organizar e analisar os conhecimentos prévios dos alunos e compará-los com os resultados de algumas questões do questionário final.

Na seção 5.2 é feita a análise qualitativa dos três mapas elaborados pelos alunos, em diferentes situações da pesquisa. Realizamos também uma análise aprofundada das atividades com mapas e a ocorrência da integração entre os conteúdos desenvolvidos na UEPS.

Para preservar a identidade dos participantes da pesquisa, optamos por designar cada um deles com letras, de forma aleatória.

Para finalizar nossa discussão a respeito dos resultados das atividades elaboradas, ao final do capítulo avaliamos a aprendizagem significativa dos participantes da pesquisa.

5.1 Análise dos questionários aplicados durante a primeira UEPS

Descrevemos, nesta seção, os resultados dos questionários aplicados, subdividindo em duas etapas. Na primeira etapa analisamos os resultados do questionário inicial e na segunda, fazemos uma comparação entre este e o questionário final.

5.1.1 Resultados do questionário inicial

Nesta seção procederemos à análise quantitativa e qualitativa dos dois questionários (apêndices 3 e 10) utilizados durante a implementação da primeira UEPS, descrita no capítulo 4, seção 4.4.1. Algumas questões foram repetidas no questionário aplicado ao final da UEPS, possibilitando verificar se houve indícios de aprendizagem significativa. Outras questões não serão analisadas neste momento, pois os conteúdos a que se referem foram trabalhados na segunda UEPS.

No primeiro questionário procuramos informações acerca dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos alunos. Esse primeiro questionário foi de grande importância, pois a partir da identificação dos conhecimentos prévios dos alunos elaboramos as atividades presentes nas sequências das UEPS, desenvolvidas durante o decorrer das aulas, e, segundo Ausubel, tais conhecimentos são os aspectos mais importantes a serem considerados no processo ensino aprendizagem. Tal aspecto é reforçado por Moreira (2010) numa visão mais contemporânea, pois aprendemos a partir do que já sabemos. Significa dizer que para ser crítico de algum conhecimento, de algum conceito, de algum enunciado, primeiramente o sujeito tem que aprendê-lo significativamente e, para isso, seu conhecimento prévio é, isoladamente, a variável mais importante.

As doze questões presentes no questionário inicial envolvem conceitos relacionados à constituição da matéria e tópicos de Física de Partículas. Procuramos identificar, através das questões, os conhecimentos dos alunos sobre temas que já podem ter sido estudados em algum momento em disciplinas de Física, Química ou Ciências.

Nas questões relacionadas à Física de Partículas, buscamos verificar os conhecimentos dos alunos a respeito de conceitos científicos mais específicos e contemporâneos do ensino de Física, como por exemplo, partículas elementares, quarks, aceleradores de partículas, interações fundamentais.

Para uma melhor interpretação dos resultados referentes a este instrumento foram criadas três categorias, denominadas por Moraes e Galiazzi (2013) de categorias *a priori*, que são construídas anteriormente à análise das respostas. Neste caso nomeamos as categorias de acordo com as questões e com os objetivos da pesquisa, conforme descrito a seguir.

Categoria A – Conhecimentos prévios relacionados à constituição da matéria

No quadro 6 apresentamos os resultados referentes às repostas dadas para questão 1, que teve como objetivo identificar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito de conceitos relacionados à constituição da matéria.

Questão 1 – Marque V (verdadeiro) ou F (falso) no que diz respeito aos conceitos da constituição da matéria (se não tiver certeza deixe em branco).

Itens	V	F	Não respondeu
a) A matéria é constituída por átomos.	26*	-	-
b) A matéria é constituída apenas por elétrons e prótons.	4	21*	1
c) Cada tipo de objeto é formado apenas por um tipo constituinte da matéria.	12	13*	1
d) A antimatéria é formada por partículas elementares.	9	9*	8
e) Tudo em nossa volta, os planetas, as estrelas, as árvores, é formado por matéria.	25*	1	-
f) A antimatéria só existe na ficção e não é encontrada na natureza.	6	11*	9
g) Toda matéria é composta de léptons e quarks.	3*	14	9
h) Encontramos antimatéria e matéria na natureza, na mesma proporção.	9	10*	7

* alternativa correta

Quadro 6 - Itens da questão 1 e o número de respostas

Análise da questão 1 – Com esta questão, constituída de oito itens (quadro 6), procurou-se obter indícios sobre os conhecimentos prévios dos alunos referentes à constituição da matéria em sua visão mais geral, normalmente estudadas nas aulas de química, e inserir alguns itens que abordassem conceitos presentes no estudo dos tópicos de física de partícula. Esta visão mais geral foi escolhida por acreditarmos que os alunos não possuem, ainda, conhecimentos mais aprofundados ou específicos sobre a teoria corpuscular da matéria.

Os itens **a**, **b**, **c**, e **e** da questão 1 versam sobre a constituição da matéria e seus constituintes básicos.

Podemos aferir, a partir da análise das respostas apresentadas no quadro 1, através do número de respostas corretas nos itens **a**, **b** e **e**, de forma mais geral, que a maioria dos alunos apresenta subsunções relevantes para a descrição básica da estrutura da matéria. A partir destes itens procuramos identificar as concepções prévias dos alunos sobre a constituição da matéria, para então elaborarmos materiais instrucionais potencialmente significativos.

Porém, pelas respostas aos itens **d**, **f**, **g** e **h**, que envolvem especificamente tópicos de Física de Partículas, verificamos que poucos alunos apresentaram conhecimentos prévios adequados. Estes resultados vêm ao encontro das respostas dadas pelos alunos na questão 9, abordada mais adiante, e relacionada ao conceito de antipartícula e antimatéria.

O conjunto das respostas dos alunos contribuiu para a elaboração de materiais didáticos estratégicos na inserção dos temas da pesquisa, e que tiveram como foco principal ancorar as concepções existentes na estrutura cognitiva ao novo conhecimento apresentado, pois, conforme citado anteriormente, um dos maiores trabalhos do professor consiste em auxiliar o aluno nesta aquisição de novos conhecimentos e reorganizar a estrutura cognitiva dos alunos (MOREIRA, 2011).

Categoria B – Conhecimentos prévios relacionados à constituição do átomo

Nos quadros 7, 8, 9, 10 e 11 temos os resultados referentes às questões 2, 3, 4, 6 e 7, cujo objetivo específico foi subsidiar a escolha da sequência de atividades das UEPS, através dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre a constituição do átomo.

Questão 2. Atualmente consideramos que o átomo é: (marque apenas uma alternativa)

Alternativas	Nº de respostas (alunos=26)	Percentual do nº de respostas
A) Indivisível e representa a menor porção da matéria.	13	50%
B) Uma partícula que faz parte da matéria.	7	27%
C) Indivisível composto por partículas elementares.	1	4%
D) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico. *	5	19%

* alternativa correta

Quadro 7- Itens da questão 2 e o número de respostas

Questão 4. *O núcleo é composto: (marque apenas uma alternativa)*

Alternativas	Nº de respostas (alunos=26)	Percentual do nº de respostas
A) apenas por prótons	5	19%
B) apenas por nêutrons	1	4%
C) por prótons e nêutrons *	5	19%
D) nêutrons, prótons e elétrons	15	58%

* alternativa correta

Quadro 8- Itens da questão 4 e o número de respostas

Análise das questões 2 e 4 – Com as respostas a estas questões procuramos apurar quais os conhecimentos, em relação ao átomo e sua constituição, que foram estudados durante sua formação escolar e ainda permanecem presentes na estrutura cognitiva dos alunos.

A questão 2 apresentou quatro alternativas. Pelas respostas (quadro 7), verificamos que a metade dos estudantes apresenta a ideia errônea de que o átomo é indivisível, desconsiderando a existência de partículas elementares. Esta era uma possibilidade esperada, visto a grande maioria dos livros didáticos de Ciências e Química apresenta o átomo a partir do sentido etimológico da palavra.

A questão 4 abordou a constituição do núcleo atômico. Pelas respostas verificamos que mais da metade dos alunos acredita que o núcleo é composto por prótons, nêutrons e elétrons, o que demonstra a grande dificuldade que eles enfrentam em compreender a estrutura básica do átomo, apesar de já terem estudado esta constituição em Química, conforme relatado e registrado no diário (anexo2).

Análise das questões 3, 6 e 7 – As questões 3, 6 e 7 exploram os subsunçores relevantes dos estudantes a respeito da definição de modelo para Ciência. Também buscamos saber quais modelos atômicos os alunos identificavam de acordo com seus estudos e suas experiências, através das aulas de Química, pois consideramos o fato de os alunos estarem no terceiro ano

do Ensino Médio e os conteúdos relacionados aos modelos atômicos fazerem parte do programa do primeiro ano, portanto, já estudados por eles.

O objeto da questão 3 foi identificar qual o conhecimento dos estudantes sobre a definição da palavra modelo para Ciência.

Questão 3. *Como você define um modelo: (marque apenas uma alternativa)*

Alternativas	Nº de respostas (alunos=26)	Percentual do nº de respostas
A) A ciência descreve a natureza utilizando modelos construídos a partir de hipóteses.	9	34%
B) O modelo representa, de forma simplificada, os elementos essenciais de um sistema ou de um fenômeno. *	8	31%
C) O modelo é uma proposição que enuncia uma relação entre os valores das grandezas que aparecem na descrição de um fenômeno.	6	23%
D) O modelo é a descrição real e exata, sem nenhuma idealização da natureza.	3	12%

* alternativa correta

Quadro 9 - Itens da questão 3 e o número de respostas

A ciência constrói representações do mundo e da natureza e os elementos básicos dessas representações são os modelos. Um modelo é uma imagem mental simplificada e idealizada, que permite representar, com maior ou menor precisão, o comportamento de um sistema¹. Seu estudo é importante para que o aluno perceba que o modelo é construído e aperfeiçoado de acordo com suas limitações e evoluções.

Pela análise das respostas dadas, verificamos que houve um equilíbrio entre as alternativas **a**, **b** e **c**. Fica evidente que não está bem definido para eles o significado do conceito de modelo na Ciência, porém fica claro que os alunos interpretaram modelo como sendo algo criado, que se pode descrever, fazer hipóteses (alternativa a), representar um fenômeno (alternativa b) e relacionar grandezas (alternativa c).

A questão 7 procurou identificar qual relação entre constituição da matéria e o modelo que o estudante faz ao lidar com conceitos abstratos e microscópicos como o de

¹ <http://coral.ufsm.br/gef/Dinamica/dinami04.pdf>

átomo, bem como se eles compreenderam a utilização de um modelo para explicá-lo. Além disso, serviu para verificar o que ficou presente na estrutura cognitiva dos alunos após a aprendizagem formal anterior, pois são alunos que estão concluindo o Ensino Básico.

Questão 7 Considerando a teoria atômica em que toda a matéria é constituída por átomos, vários modelos foram construídos para representá-los, desde o modelo de Dalton no século XIX até o modelo de Bohr no século XX. Assim, estudamos nas aulas de Química os modelos de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr. Com relação aos modelos atômicos e a existência dos átomos é correto afirmar que: (marque apenas uma alternativa).

Alternativas	Nº de respostas (alunos=26)	Percentual do nº de respostas
A) A impossibilidade de ver um átomo demonstra que ele e seus modelos são elementos teóricos construídos para explicar alguns conteúdos científicos.	5	19%
B) A ideia da existência dos átomos é uma hipótese que foi criada para possibilitar as explicações das reações químicas que ocorrem na matéria.	1	4%
C) Sendo os átomos partículas inobserváveis a função dos modelos atômicos é representar o átomo para possibilitar as explicações das ligações químicas.	6	23%
D) Os modelos atômicos representam os átomos que constituem os seres vivos e não vivos, possibilitando o entendimento da estrutura da matéria. *	13	50%
E) As microscópicas dimensões do átomo impossibilitam a realização de testes para validar um modelo atômico definitivamente.	1	4%

* alternativa correta

Quadro 10 - Itens da questão 7 e o número de respostas

Nesta questão, para a metade dos alunos os átomos são representados através de modelos. Porém, cabe ressaltar que esta resposta está em desacordo com a resposta dada pelos alunos na questão 3. Neste sentido podemos pensar que ao responder a questão os estudantes levaram em conta não o conceito de modelo, mas os conceitos relacionados à constituição da matéria, respondido na questão 1.

A questão 6, por sua vez, contém alternativas cujo intuito foi verificar o conhecimento dos alunos em relação a evolução dos modelos atômicos. Os alunos deveriam relacionar os respectivos cientistas com alguns dos modelos atômicos que desenvolveram. Este tema geralmente é abordado nas aulas de Química do Ensino Médio. Também foi pedido aos alunos que fizessem um desenho representando os modelos, caso soubessem.

Questão 6. *Ao longo da história da Ciência, diversos modelos atômicos foram propostos até chegarmos ao modelo atual. Abaixo estão descritos alguns destes modelos. Relacione os modelos atômicos com os respectivos cientistas que os propuseram. Se souber faça o desenho correspondente.*

1ª coluna - Cientistas	2ªcoluna- modelos atômicos *
A) Dalton	() Propôs um modelo planetário, com um centro muito pequeno, onde se concentrava toda a carga positiva e praticamente toda a massa do átomo, em torno do qual orbitavam os elétrons.
B) Thomson	() Considerava os átomos como partículas maciças, indestrutíveis e intransformáveis, ou seja, não seriam alterados pelas reações químicas.
C) Rutherford	() Em seu modelo os elétrons estão distribuídos em níveis de energia que são característicos para cada elemento. Ao absorver energia, um elétron pode saltar para outro nível e depois voltar a seu nível original. Os prótons e os nêutrons estão no núcleo atômico.
D) Bohr	() Considerava o átomo como “pudim de passas”, admitia que o átomo fosse uma esfera com carga positiva distribuída de forma uniforme, e os elétrons fazendo papel das passas, ficavam distribuídos dos dentro dessa “massa positiva” e permeável.

* sequência correta: C, A, D, B

Quadro 11 - Itens da questão 6

Analisando esta questão verificamos que apenas 1 aluno relacionou corretamente as 4 alternativas. A grande maioria não conseguiu relacionar os modelos e os respectivos cientistas. Pudemos verificar também que um grande número de estudantes relacionou os modelos de Dalton e Thomson corretamente, o que justifica em grande parte terem optado pela alternativa A na questão 2, evidenciando, assim, a concepção de que o átomo é partícula indivisível e uma esfera maciça. Embora tenham tido conhecimento de outros exemplos de modelos atômicos, estas respostas vêm ao encontro do trabalho de Melo e Neto (2012), no qual concluem que o modelo predominante na mente dos alunos era o de Dalton,

independentemente de terem sido supostamente abordados na disciplina de química às explicações dos modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr durante as aulas.

Estas respostas também demonstraram que a aprendizagem e o estudo dos modelos atômicos se deram de forma fragmentada, com maior ênfase na apresentação dos modelos e não na maneira como foram construídos, propiciando uma aprendizagem mecânica em detrimento da aprendizagem significativa.

Melo e Neto (2012) afirmam que a experiência em sala de aula demonstra que, como consequência dessa fragmentação, o aluno apresenta dificuldade em estabelecer relações entre o modelo atômico, o molecular e o comportamento da matéria.

Cabe ressaltar que apenas dois alunos representaram os modelos através de desenhos, como solicitado na questão. O aluno C representou dois dos modelos em acordo com a definição, porém não acertou as relações dos mesmos com os seus respectivos cientistas, conforme verificamos na figura 8. O aluno P representou o modelo planetário, com erros conceituais, e não acertou a relação dos cientistas, conforme figura 9.

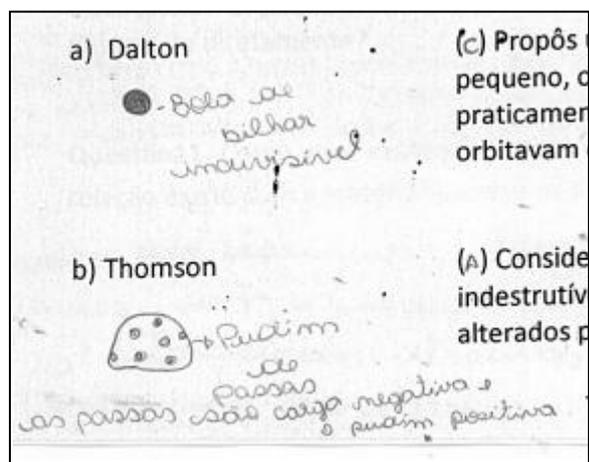


Figura 8 – Resposta do aluno C para questão 6

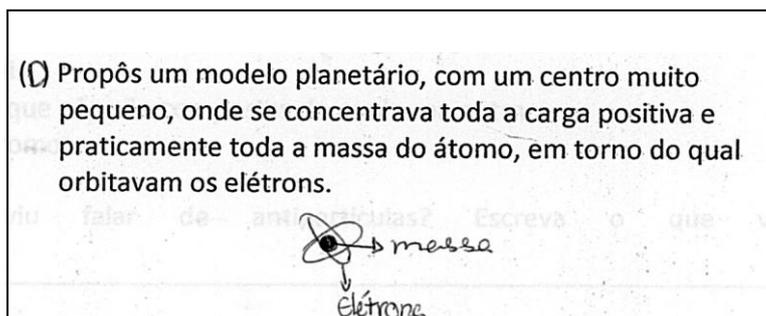


Figura 9 – Resposta do aluno P para questão 6

Categoria C – Conhecimentos prévios relacionados aos tópicos de Física de Partículas

Descrevemos aqui os resultados obtidos nas questões 8, 9, 10 e 11 cujo objetivo foi verificar se os estudantes já tiveram contato com os conceitos relacionados à Física de Partículas.

Questão 8. *Você já ouviu falar sobre partículas elementares? Caso sim, o que você entende por Partículas Elementares: (marque apenas uma alternativa)*

Alternativas	Nº de respostas (alunos=26)	Percentual do n ^o de respostas
A) O próton é um exemplo de partícula elementar.	3	12%
B) São partículas divisíveis.	9	34%
C) Partículas indivisíveis que não são compostas de nenhuma outra. *	5	19%
D) É o mesmo que um átomo.	9	35%

* alternativa correta

Quadro 12 - Itens da questão 8 e o número de respostas

Análise da questão 8 – Ao abordarmos o conceito de Partícula Elementar buscamos saber do estudante, além do seu conhecimento sobre indivisibilidade, se ele identifica Partícula Elementar como sinônimo de átomo (Pinheiro, 2011).

O resultado demonstrou que a maioria dos alunos nunca teve contato com o conceito de partícula elementar, ou o contato que teve foi insuficiente para compreender esse conceito, visto que apenas 12% dos alunos responderem corretamente a questão (quadro 12). A análise das respostas apresentadas nesta questão determinou o tipo de abordagem que deveríamos adotar no decorrer da pesquisa, objetivando incutir nos alunos a compreensão do conceito de partícula elementar, que foi abordada a partir da atividade de analogia do experimento de Rutherford.

Questão 9. *Você já ouviu falar de antipartícula? E antimatéria? Escreva o que você sabe.*

Análise da questão 9 – Optamos por uma questão do tipo aberta, para que os estudantes descrevessem o que entendiam sobre antipartícula e antimatéria, conceitos já abordados na questão 1. Dos 26 alunos que estavam presentes apenas um aluno respondeu a questão: *“Antipartículas são aquelas que vêm antes da formação de uma partícula. Então seriam partículas divisíveis”*

Quatro alunos responderam que nunca ouviram falar e o restante deixou a questão em branco. Isto evidencia que na questão 1 os itens **d**, **f** e **h** foram respondidos sem que realmente houvesse algum tipo de conhecimento concreto por parte dos alunos, o que geralmente acontece quando as questões são de múltipla escolha ou de verdadeiro ou falso. Concluimos, portanto, que o aluno, ao responder a questão 1, relacionou a suas respostas ao prefixo e de forma errônea, conforme foi registrado no diário da professora.

Questão 10. *Como podem ser observadas e detectadas as partículas elementares: (marque apenas uma alternativa)*

Alternativas	Nº de respostas (alunos=26)	Percentual do nº de respostas
A) Microscópio	10	38%
B) Observação direta na Natureza (olho nu)	0	0%
C) Telescópios especiais	3	12%
D) Em laboratórios especializados, como o CERN, na Suíça.*	6	23%
Respostas em branco	7	27%

* alternativa correta

Quadro 13 - Itens da questão 10 e o número de respostas

Análise da questão 10 – Esta questão pretendeu verificar se os alunos compreendiam o conceito de partícula elementar e se sabiam como essas partículas são observadas. Como se pode inferir das respostas dadas também a esta questão (quadro 13), a maioria dos estudantes não tem noção do conceito de partícula elementar.

Questão 11. Marque as partículas que você já estudou, leu ou ouviu falar na mídia em geral.

Partículas	Estudou	Leu ou ouviu falar	Em branco
a. Próton	26	2	0
b. Elétron	26	2	0
c. Bóson	1	12	13
d. Quark	0	23	3
e. Lépton	0	6	20
f. Neutrino	14	5	8
g. Fóton	11	13	3
h. Méson	0	3	23
i. Neutron	26	2	0

Quadro 14 - Itens da questão 11 e a quantitativo de respostas

Análise da questão 11 – Esta questão procurou verificar o conhecimento dos alunos sobre tópicos de Física de Partícula mais específicos, conceitos que os estudantes poderiam ter adquirido espontaneamente, de maneira informal, através de sites, da televisão, ou leituras de artigos e reportagens científicas. Pelas respostas ficou demonstrado que o contato com a maioria dos conceitos apresentados se deu através da leitura ou por “ouvirem falar”. Um bom número de respostas foi deixado em branco. Apenas os conceitos relacionados à constituição básica do átomo foram realmente estudados, conforme análise do quadro 14.

Segundo Ausubel, (apud MOREIRA, 2002) as concepções prévias dos estudantes podem ser conceitos que não são verdadeiros conceitos científicos, mas que podem evoluir para eles. Neste sentido é fundamental que o professor saiba o que está presente na estrutura cognitiva do aluno.

Portanto, identificar os subsunçores dos alunos em relação aos conceitos que envolvem o estudo da constituição da matéria foi de fundamental importância para a elaboração das atividades subsequentes, visando minimizar as dificuldades e dúvidas com relação às concepções errôneas a respeito dos conhecimentos necessários para o entendimento de novos conceitos abordados nas UEPS.

Na próxima etapa iremos analisar e comparar as respostas do questionário final com os resultados aqui descritos.

5.1.2 Comparação dos resultados dos questionários

Nesta seção realizaremos uma comparação quantitativa e qualitativa entre as respostas dos questionários inicial e final.

O questionário final, composto por questões do tipo aberta e fechada (apêndice 10), objetivou verificar a existência ou não de indícios de aprendizagem significativa dos conteúdos de Física de Partículas, abordados através das atividades da primeira UEPS. Também criamos, para a análise deste questionário, categorias *a priori*, tal qual na análise do questionário inicial, visto já termos em mente alguns objetivos explícitos que observamos através das respostas dos estudantes.

Categoria A – Ocorrência de Aprendizagem Significativa de conceitos relacionados à constituição da matéria

Nesta categoria descrevemos os resultados referentes à questão 1, também presente no questionário inicial (apêndice 3), cujo objetivo foi identificar a ocorrência de mudanças conceituais, evidenciando indícios de aprendizagem significativa.

Concluimos, pela análise das respostas (quadro 15), que os estudantes apresentaram um grande avanço na compreensão da maioria dos itens. O desenvolvimento da UEPS, portanto, contribuiu para construção de concepções corretas sobre a estrutura básica da matéria. Todos os alunos compreenderam que a matéria não é constituída apenas por prótons e elétrons. Houve um acréscimo no número de estudantes que consideram que a matéria não é formada apenas por um constituinte. Da mesma forma, um número maior de estudantes compreendeu que a matéria é composta de léptons e quarks e que há um desequilíbrio no Universo entre matéria e antimatéria.

Estes resultados indicam uma aprendizagem significativa da maioria dos estudantes sobre os conceitos trabalhados, já que o objetivo da proposta foi introduzir o tema, e não aprofundá-lo.

Itens	V inicial	V final	F inicial	F final	Não Respondeu inicial	Não respondeu final
a) A matéria é constituída por átomos.	26	24	0	1	0	1
b) A matéria é constituída apenas por elétrons e prótons.	4	0	21	25	1	1
c) Cada tipo de objeto é formado apenas por um tipo constituinte da matéria.	12	6	13	19	1	1
d) A antimatéria é formada por partículas elementares.	9	19	9	4	8	2
e) Tudo em nossa volta, os planetas, as estrelas, as árvores, é formado por matéria.	26	25	1	0	-	1
f) A antimatéria só existe na ficção e não é encontrada na natureza.	6	10	11	15	9	1
g) Toda matéria é composta de léptons e quarks.	3	14	14	11	9	1
h) Encontramos antimatéria e matéria na natureza, na mesma proporção.	3	8	10	17	7	1

Quadro 15 – respostas dos alunos dos questionários inicial e final da questão 1.

Categoria B – Ocorrência de aprendizagem significativa dos conceitos relacionados ao átomo

Nesta categoria analisamos os resultados apresentados nas questões 2, 3, 4, 6 e 7 do questionário final, as mesmas do questionário inicial, cujo objetivo foi identificar a ocorrência de mudança conceitual nas concepções dos estudantes.

As questões, cujas alternativas encontram-se respectivamente nos quadros 7, 9, 8, 11 e 10, tiveram como objetivo identificar a estrutura conceitual do átomo e seus modelos e abordar a importância da concepção de modelo para Ciência.

Neste sentido, pela análise do gráfico 1, podemos inferir que em relação ao questionário inicial houve um grande avanço nas concepções dos alunos relacionadas ao estudo da estrutura básica do átomo, o que evidenciou que as tarefas de aprendizagem, interligadas, realizadas pelos alunos no estudo da estrutura atômica, tiveram êxito em sua

aplicação. A evolução conceitual alcançada possivelmente se deu em função da utilização de variados recursos didáticos, como aulas práticas, vídeos demonstrativos e textos científicos.

Estes resultados reafirmam a importância do uso de práticas didáticas variadas, e vêm ao encontro de um dos princípios da teoria da aprendizagem crítica de Moreira:

Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais.... A utilização de materiais diversificados, e cuidadosamente selecionados, ao invés da "centralização" em livros de texto é também um princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica. [...] Não se trata, propriamente de banir da escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos (MOREIRA, 2011, p.229).

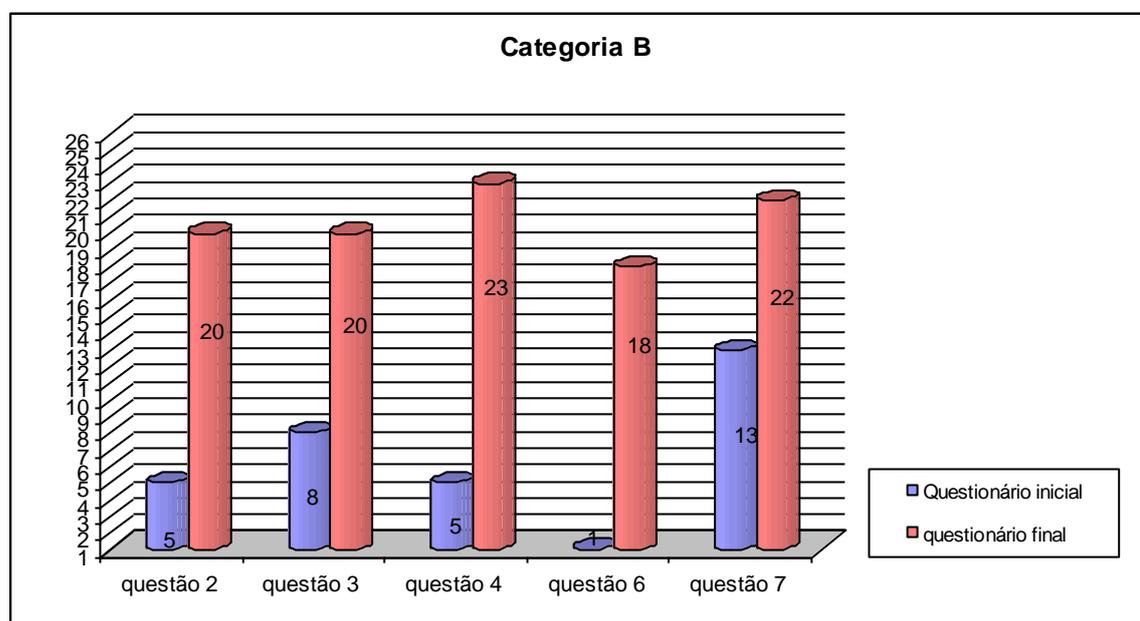


Gráfico 1 – comparação entre as respostas corretas dos questionários final e inicial das questões 2, 3, 4, 6 e 7

Categoria C – Ocorrência de aprendizagem significativa dos conceitos relacionados aos tópicos de Física de Partículas

Nesta categoria descrevemos os resultados apresentados nas questões 7, 8, 9, e 10, sendo que as questões 7 e 9 são questões do tipo fechada e que também foram incluídas no questionário inicial com os números 8 e 10 respectivamente. A questão 8 do questionário final, que corresponde a questão 9 do questionário inicial, juntamente com a questão 10, não repetida no questionário inicial, são do tipo aberta.

Estas questões tiveram como objetivo identificar a ocorrência de mudança conceitual nos conceitos relacionados aos tópicos de Física de Partículas, abordados durante a implementação da primeira UEPS, pois acreditamos que tendo havido essa mudança, as repostas evidenciarão indícios de aprendizagem significativa.

No gráfico 2 são apresentados os resultados da análise das repostas às questões 7 e 9. Ficou demonstrado uma significativa mudança conceitual dos tópicos de Física Partícula até então trabalhados na presente pesquisa.

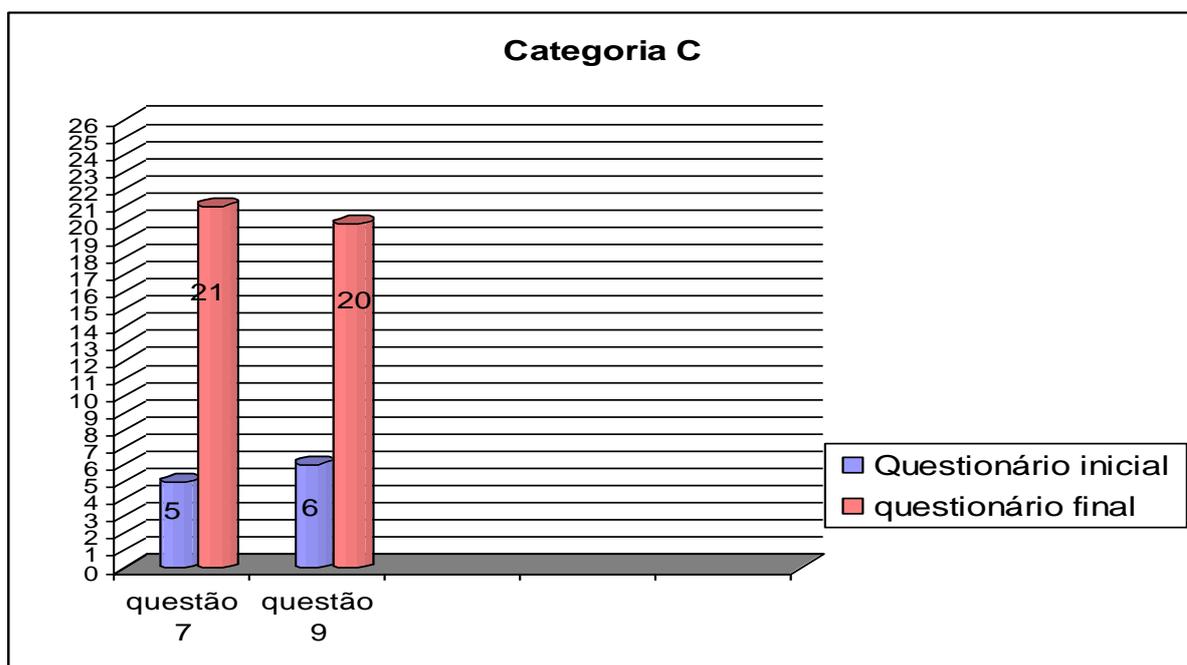


Gráfico 2 – comparação entre as respostas corretas do questionário inicial e final e das respectivas questões 7 e 9

Na questão 8, diferentemente do que ocorreu no questionário inicial quando apenas 1 aluno a respondeu, a maioria dos alunos tentou respondê-la, e resultou em 7 alunos com respostas em conformidade com o conceito científico aceito.

As respostas da questão 8 do questionário final, descritas no quadro 16, demonstraram que os estudantes não apresentam concepções corretas sobre o conteúdo desenvolvido, o que está de acordo com as respostas dos itens **d** e **f** da questão 1. Mesmo com a iniciativa da maioria em responder a questão, as repostas apresentaram vários erros conceituais, como por exemplo, que a antipartícula seria uma parte da matéria, que se liga à partícula. A ocorrência de conceitos incompletos já era esperada, devido ao caráter introdutório da proposta.

Porém, analisando o questionário final, verificamos que ocorreram grandes avanços em relação ao questionário inicial, quando 16 alunos deixaram em branco a questão e apenas 1 aluno respondeu da seguinte forma: “são partículas que vêm antes da formação de uma partícula elementar e que são divisíveis”. No questionário final, 4 deixaram a questão em branco e 11 responderam que são opostas (apresentam características opostas, como carga, spin), evidenciando que compreenderam a ideia central, mesmo que de forma incompleta.

No que diz respeito ao que o aluno entende por antimatéria, ficou evidente no quadro 16 e nas respostas do item **h** da questão 1 que o fator marcante das atividades e discussões a respeito dos tema foi de que a antimatéria não existe na mesma proporção que a matéria, conforme registrado nas respostas dos alunos C, K, M, Q e S.

Questão 8 – Você já ouviu falar de antipartícula? E antimatéria? Escreva o que você sabe

(continua)

	Respostas
Aluno A	Antipartícula seria uma parte da matéria que se liga à partícula
Aluno B	São opostas das partículas elementares
Aluno C	A antipartícula forma a antimatéria e estão presentes em uma pequena proporção da matéria
Aluno D	Em branco
Aluno E	Em branco
Aluno F	Antipartícula é o contrário da partícula, que constitui a matéria
Aluno G	A antipartícula é formada por partículas elementares
Aluno H	A antipartícula constitui a antimatéria e um dia existiu na terra. Hoje apenas em laboratório para vê-la
Aluno I	Em branco
Aluno J	Em branco
Aluno K	Sim, antes da partícula. Antimatéria em menos proporção
Aluno L	Em branco
Aluno M	Antipartícula existe em proporção menor do que partículas, e as partículas possuem sua antipartícula
Aluno N	Sim
Aluno O	Sim
Aluno P	Sim, antipartícula tem o seu valor, carga positiva ou negativa. É o contrário do valor da partícula elementar
Aluno Q	Antipartícula faz parte da antimatéria que não pode ser encontrada na natureza na atualidade na mesma proporção, mas um dia existiu
Aluno R	Sim, são as partículas com os sinais contrários da sua normal
Aluno S	Sim, é o contrário da partícula. Possuem como a antimatéria compõem o planeta em menor proporção
Aluno T	Antipartícula seria o contrário da partícula. A antipartícula do próton (+) seria o próton (-)
Aluno U	A antimatéria é formada por partículas elementares com carga negativa
Aluno V	Sim, para toda partícula há uma antipartícula de carga oposta

(conclusão)

	Respostas
Aluno W	A antipartícula seria a oposta das partículas elementares
Aluno X	Sim. É a parte da partícula ou outro lado “questionável” oculto da partícula
Aluno Y	Não existe na terra
Aluno Z	Antipartículas são partículas que também se encontram no átomo, porém possuem carga diferente da partícula, ou seja, se uma determinada partícula tiver carga positiva a outra partícula será negativa. Exemplo: neutrino

Quadro 16 – respostas dos alunos transcritas referentes a questão 8 do questionário final

A questão 10 teve como objetivo fazer com que os alunos estabelecessem uma relação entre os aspectos abordados na estrutura atômica e os tópicos de Física de Partículas. Nesta questão procuramos abordar a importância da criação de hipóteses, o processo de criação de um modelo científico e a interação entre a teoria-experimento na construção de modelos científicos.

A partir das respostas transcritas no quadro 17, verificamos que os alunos não tiveram o mesmo êxito que obtiveram nas questões fechadas, o que nos leva a interpretar de duas maneiras os resultados: primeiro, os alunos não compreenderam o objetivo da pergunta, o que nos leva a questionar a elaboração da mesma; segundo, considerar o fato de os alunos não saberem se expressar de forma subjetiva, e terem preferência por questões objetivas.

Questão10. *Com suas palavras como podemos descrever o átomo se não podemos vê-lo ou senti-lo.*

(continua)

	Respostas
Aluno A	É a menor porção de um elemento químico.
Aluno B	Descrevemos o átomo a partir de experimentos feitos por cientistas, como os do CERN, que com colisões e cálculos apresentam-os.
Aluno C	Não podemos enxergar a olho nu, por isso grandes cientistas criaram os aceleradores de partículas que ao dividirem as partículas encontraram o átomo, e assim foram dividindo e encontram que é formado por outras partículas. E hoje sabemos que é formado por prótons, elétrons e nêutrons. Sendo o elétron uma partícula elementar (léptons) e o próton e o nêutron formado pelo Up e Down que são partículas elementares (quarks)
Aluno D	Ao fato de não observar, sabemos que a matéria é formada de átomos, assim, podemos apenas observá-los em laboratórios e nos aceleradores de partículas.
Aluno E	Em branco

(conclusão)

	Respostas
Aluno F	O átomo tem o formato de uma esfera, que dentro dessa esfera possui um núcleo que possui cargas negativas e positivas como os elétrons, nêutrons e prótons.
Aluno G	Através de experimentos e modelos que comprovem sua existência
Aluno H	Podemos observá-lo através de testes como lançar partículas alfas em uma barra de ouro para ver se houve desvio dessas partículas, assim como foi feito em aula para descobrir as figuras geométricas.
Aluno I	Descrevemos através de modelos e suas partículas elementares são observados no CERN.
Aluno J	O átomo apresenta um núcleo com prótons e elétrons e são idealizados por modelos que são comprovados com experimentos.
Aluno K	Menor partícula existente formada por nêutrons e prótons no núcleo e elétrons por fora do núcleo.
Aluno L	O átomo tem carga positiva e negativa.
Aluno M	Através dos estudos feitos para explorá-los microscopicamente. Descrevo leigamente como uma esfera que possui um núcleo com prótons e neutros e é orbitada por uma eletrosfera com elétron.
Aluno N	Ao certo não sabemos como descrevê-lo, mas através de vários estudos deduziram a partir daquele que tinha o modelo atual.
Aluno O	Podemos descrever por causa dos aceleradores de partículas, e acharam que é formado por prótons, neutros e elétrons.
Aluno P	São pequenas partículas que constituem a matéria e sua união forma-se as moléculas, são compostos por elétrons, prótons e nêutrons, e o elétron é uma partícula elementar.
Aluno Q	Uma esfera divisível formada por um núcleo. Dentro do núcleo são encontrados nêutrons e prótons, fora do núcleo são encontrados elétrons.
Aluno R	Em branco
Aluno S	O átomo está presente em tudo. Não pode ser notado a olho nu, porém todos sabem que ele existe. A matéria do planeta terra, por exemplo é composto por infinitos átomos, o qual compõe moléculas e assim obtêm-se fórmulas químicas que estão presentes no dia a dia do mundo em geral.
Aluno T	Podemos descrever porque sabemos que ele é constituído de prótons, neutros e elétrons, não podemos observar porque é muito pequeno.
Aluno U	O átomo é a menor parte de um elemento químico. Ele é composto por partículas denominadas prótons, elétrons e nêutrons.
Aluno V	Em branco
Aluno W	Através de vários testes, pesquisas é possível descrever cada vez com mais precisão.
Aluno X	O átomo é a menor partícula de uma matéria. Toda a matéria constituída por átomos é vivenciada diariamente.
Aluno Y	Partículas muito pequenas. Apenas vemos a matéria constituída por ela.
Aluno Z	O átomo é a menor parte da matéria, representado por um elemento químico, sendo ele divisível, a união de átomos forma uma molécula que constitui a matéria, no núcleo do átomo se encontram os prót. e nêutron e fora os elétrons.

Quadro 17 – respostas dos alunos transcritas referentes a questão 10 do questionário final

Por outro lado, na questão 10, onze alunos perceberam que há uma relação entre a construção de hipóteses e sua verificação através de experimentos, como exemplo nas respostas dos alunos B, C, D, G, H, I, J, M, N, O e W.

A partir a análise dos questionários inicial e final percebemos, pelos resultados acima verificados, a ocorrência de uma evolução na compreensão dos conceitos propostos. As respostas do questionário inicial, que evidenciaram a presença de poucos subsunçores relevantes sobre os conteúdos explorados no questionário, demonstraram a existência de grandes lacunas conceituais. Por sua vez, ao analisarmos as respostas ao questionário final, verificamos uma evolução no conhecimento adquirido pelos alunos, o que nos leva a concluir que a abordagem integrada dos tópicos de Física de Partículas e Eletricidade trabalhadas através das atividades colaborativas desenvolvidas na primeira UEPS apresentou indícios de aprendizagem significativa dos estudantes.

Cabe ressaltar que estes dois questionários não foram avaliativos. Os resultados do inicial serviram de base para construção das atividades nas UEPS, e os do final tiveram como objetivo complementar a análise das atividades propostas na primeira UEPS.

5.2 Análises dos mapas desenvolvidos durante a aplicação da primeira UEPS

As atividades que envolveram mapas estiveram presentes em ambas UEPS, e foram utilizadas na avaliação formal da disciplina. O uso dos mapas como instrumentos de avaliação se revelou um importante instrumento de investigação da ocorrência de aprendizagem significativa nesta pesquisa. Cabe ressaltar, que os alunos já haviam trabalhado com mapas antes, pois este instrumento foi utilizado pela pesquisadora em outros conteúdos.

Para Moreira (2006), na avaliação por mapas conceituais a principal ideia é a de avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina, integra conceitos de uma determinada unidade de estudo.

Na primeira UEPS foram elaborados três mapas. O primeiro foi denominado mapa livre, e teve como objetivo identificar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito da constituição da matéria, como já relatado no capítulo 4, seção 4.4.1. Os outros dois mapas foram classificados como mapas conceituais, nas atividades descritas na seção 4.4.1.

Nesta análise utilizamos os resultados das atividades com mapas desenvolvidas na primeira UEPS. Quanto à análise dos mapas, estes foram classificados em três categorias definidas *a priori*:

Categoria A – mapas que **não apresentam relações corretas** entre os conceitos ou que **não apresentam subsunçores relevantes**.

Categoria B – mapas que apresentam **poucos** indícios de aprendizagem significativa.

Categoria C – mapas que apresentam indícios **satisfatórios** de aprendizagem significativa.

A seguir serão apresentados os critérios utilizados para categorização dos mapas.

5.2.1 Critérios utilizados na análise qualitativa e classificação das categorias dos mapas

Para Novak e Gowin (1988) os mapas conceituais têm a intenção de representar relações significativas entre conceitos em forma de proposições, e podem ser usados como recursos complementares de avaliação. Para tanto, sugerem que os mapas conceituais devem ser avaliados de acordo com as ideias da teoria cognitivista de Ausubel.

Moreno *et al* (2007) afirmam que a utilização de mapas conceituais como instrumento na avaliação da aprendizagem implica movimentos de exploração sobre os critérios de análise, superando uma utilização mecanicista e propiciando uma rede de experiências inovadoras.

Quanto à elaboração de critérios de avaliação para análise dos mapas, buscamos subsídios em alguns trabalhos da literatura, entre os quais destacamos: Novak e Gowin (1988), Costamagna (2001), Moreira (2005), Trindade (2011), Trindade e Hartwig (2012).

Novak e Gowin (1988) sugerem alguns critérios de pontuação com escores para a avaliação quantitativa e qualitativa dos mapas conceituais. Porém, em nossa análise não utilizaremos os escores de pontuação quantitativos sugeridos, mas sim critérios qualitativos, de acordo com a evolução dos conceitos sugeridos na UEPS.

Para Moreira (2005) a análise de mapas conceituais é essencialmente qualitativa. O professor, ao invés de preocupar-se em atribuir um escore ao mapa traçado pelo aluno, deve

procurar interpretar a informação dada pelo aluno no mapa a fim de obter evidências de aprendizagem significativa.

Neste sentido, avaliamos a construção do conhecimento durante o desenvolvimento da UEPS de forma qualitativa, a partir dos conceitos de aprendizagem (quadro 18) e criamos um conjunto de critérios (quadro 19) que serviram de referência na categorização dos mapas, referenciadas e ancoradas na TAS.

No quadro 18 apresentamos os conceitos gerais avaliados nos mapas, seus significados e a subdivisão de conceitos para uma melhor definição das categorias.

Elementos/critérios	Descrição dos conceitos	Divisão conceitos
Proposições	Estão relacionadas com o significado entre dois conceitos, sendo indicada pela linha que une e pela(s) palavras de ligação	1. Proposições/ligações erradas (conceitos errôneos) 2. Proposições/ligações válidas
Hierarquia	Verifica se um dos conceitos subordinados é mais específico e menos geral que o conceito escrito anteriormente.	1. Válidas 2. Não válidas
Ligações cruzadas	As ligações significativas e válidas entre um segmento da hierarquia conceitual e outro segmento. As ligações podem ser criativas.	1. Conceitos cruzados válidos e significativos 2. Conceitos cruzados e não significativos
Diferenciação progressiva	As ideias mais gerais e inclusivas progressivamente diferenciadas. Um conceito geral deve se relacionar com conceitos menos gerais.	1. Válidas 2. Não válidas
Reconciliação integrativa	Recombinação de conceitos já existentes que se reorganizam e forma outros conceitos.	1. Válidas 2. Não válidas
Exemplos	Exemplos apropriados .	1. Válidos 2. Não válidos
Integração entre os conceitos abordados na UEPS	Integração entre os conceitos de eletricidade, magnetismo e física de partículas.	1. Válidas 2. Não válidas

Quadro 18 – rol de elementos utilizados para avaliar a aprendizagem significativa dos alunos através dos mapas.

No quadro 19, por sua vez, constam as categorias estabelecidas, bem como os critérios que justificam o enquadramento dos mapas para a avaliação e aferição dos resultados.

Categorias/ Critérios	Proposições/ ligações erradas	Proposições / ligações válidas	Conceitos errôneos	Relações hierárquicas	Conceitos cruzados válidos e significativos
Categoria A	sim	não	sim	em parte	não
Categoria B	não	em parte	em parte	em parte	sim
Categoria C	não	sim	não	sim	sim
Categorias/ Critérios	Conceitos cruzados e não significativos	Integração entre os conceitos abordados na UEPS	Diferenciação progressiva	Reconciliação integrativa	Exemplos validos
Categoria A	sim	não	não	não	não
Categoria B	em parte	em parte	sim	não	em parte
Categoria C	não	sim	sim	sim	Sim

Quadro 19 - critérios de categorização elaborado pela pesquisadora

Os critérios utilizados para formação das categorias constantes no quadro 19 serviram para verificar indícios de aprendizagem significativa dos estudantes que participaram da pesquisa.

Procuramos enquadrar os mapas livres e os mapas conceituais nas categorias criadas, levando em consideração as combinações explicitadas no quadro 19.

Neste contexto, para Moraes e Galiuzzi (2013), categorizar é uma construção de quebra-cabeças, uma criação de mosaicos. Seus produtos são as teorias que ajudam explicitar compreensões atingidas ao longo da pesquisa, expressa em forma de metatexto, que é a descrição da categoria.

Com relação especificamente à análise das atividades que envolveram mapas, tivemos a participação de 26 alunos, que em duplas elaboraram, durante a implementação da primeira UEPS, um total de 39 mapas em diferentes momentos. Através da análise destes mapas verificamos os conhecimentos prévios, a evolução da compreensão dos conceitos e os indícios de aprendizagem significativa. As duplas também foram nomeadas e classificadas conforme as categorias e por atividades, conforme demonstrado no quadro 20.

Categorias/ Mapas	MAPA 01	MAPA 02	MAPA 03
Categoria A	11 duplas	Nenhuma dupla	Nenhuma dupla
Categoria B	02 duplas	11 duplas	05 duplas
Categoria C	Nenhuma dupla	02duplas	08 duplas

Quadro 20 – relação das categorias e dos mapas

5.2.2 Resultados – mapas livres

Nesta seção classificamos os mapas livres conforme as categorias elencadas na seção 5.2.1, os quais foram produzidos na atividade 2, descrita na seção 4.4.1, que compõe a situação inicial da primeira UEPS.

Procuramos, com a elaboração dos mapas livres, verificar a existência de subsunçores relevantes na estrutura cognitiva dos alunos, pois sua construção se deu antes que os temas objeto desta pesquisa fossem abordados, o que justifica a inexistência de duplas inseridas na *categoria C*.

De acordo com a análise, classificamos onze duplas de alunos na *categoria A* e duas duplas na *categoria B*.

Os mapas livres elaborados e inseridos na *categoria A* mostraram que a maioria das duplas não apresenta conhecimentos prévios relevantes sobre os tópicos sugeridos. Os mapas apresentaram proposições com ligações incorretas, as quais evidenciaram que os conteúdos anteriormente estudados na disciplina de Química, por exemplo sobre a constituição do átomo, foram assimilados apenas superficialmente, ou seja, os alunos realizaram as ligações sem demonstrar um conhecimento significativo em relação aos conceitos sugeridos.

Dos onze mapas pertencentes a *categoria A*, apresentamos, a seguir, três mapas livres elaborados pelas duplas B, M e C (figuras 10, 11 e 12) para uma breve análise. Neles, os alunos demonstraram não possuir os conhecimentos prévios desejáveis abordados na atividade 2 da situação inicial. Observamos, porém, que as duplas fizeram algumas relações válidas e relações entre conceitos que apresentam similaridade no nome, como força gravitacional e grávitons. Também verificamos a presença de algumas relações hierárquicas coerentes.

No mapa da dupla B (figura 10), foram registradas várias proposições sem ligações corretas, e apresentadas algumas palavras de ligação com erros, por exemplo, carga elétrica formada por elétrons, prótons e nêutrons, evidenciando uma grande dificuldade de apresentar relações entre conceitos de Física de Partículas, bem como integrar estes com a constituição da matéria.

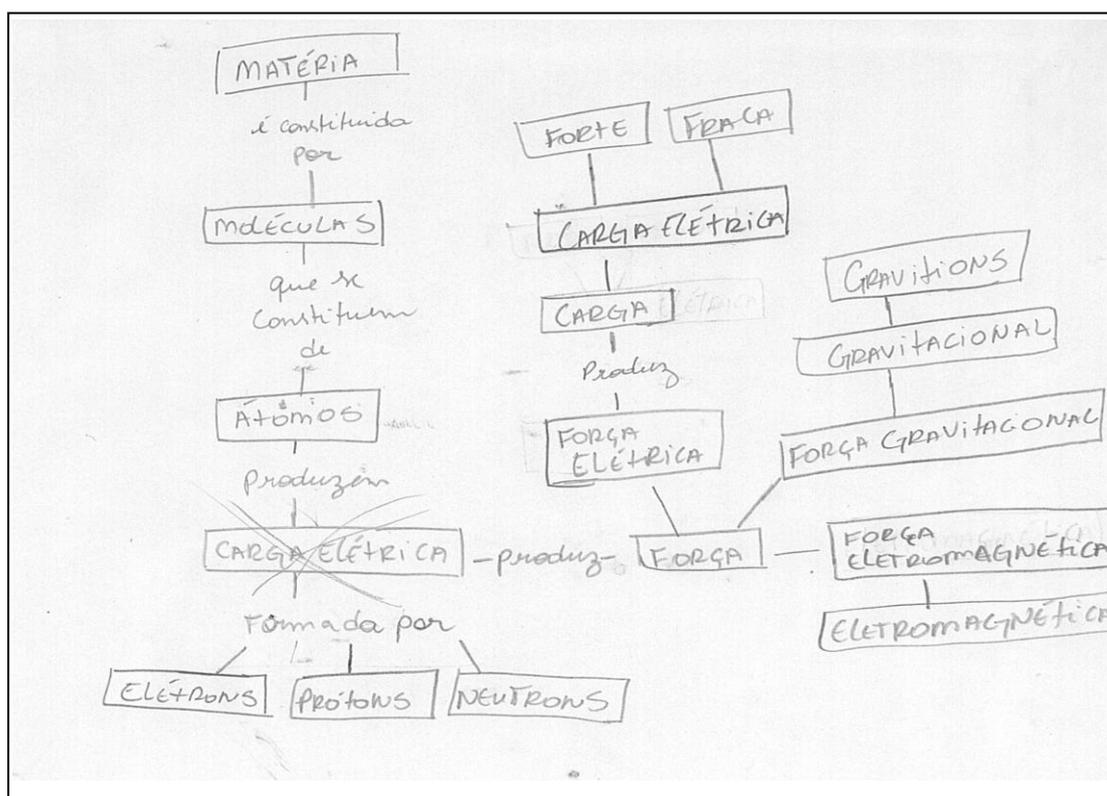


Figura 10 – Mapa livre elaborado pela dupla B

Na figura 11 temos o mapa livre elaborado pela dupla M. Observa-se a ocorrência de algumas proposições e ligações válidas e a dificuldade em associar os conceitos, como fazer a ligação entre carga e elétron apenas. Apesar de existirem relações corretas entre os tipos de

interações, percebe-se que estas foram criadas pela semelhança dos nomes, indicando a ausência de conhecimentos prévios dos conceitos apresentados na elaboração da atividade.

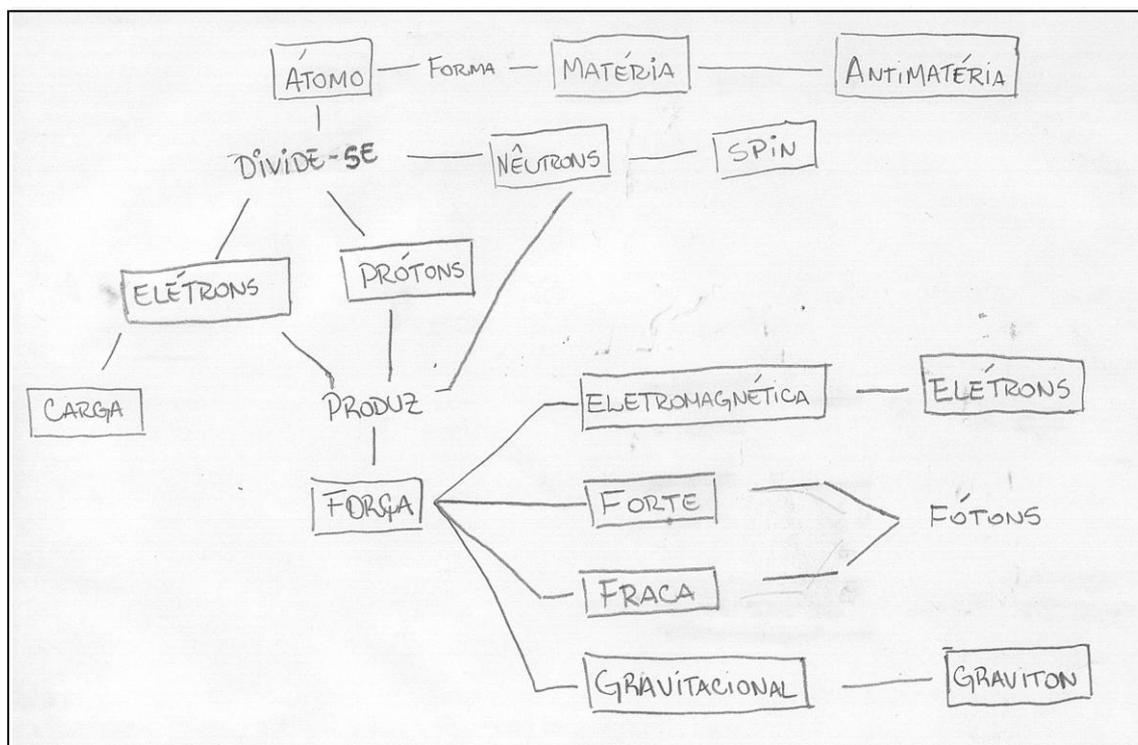


Figura 11 – Mapa livre elaborado pela dupla M

No mapa elaborado pela dupla C (figura 12), o mapa livre construído apresentou um certo grau de hierarquia. No entanto, alguns conceitos foram apresentados com erros e poucas relações que demonstrassem algum tipo de conhecimento prévio, como por exemplo, entre força e interação.

A análise da estrutura dos mapas revelou a ausência de subsunçores relevantes por parte dos alunos, o que está de acordo com os resultados das questões respondidas na atividade anterior aos mapas livres (seção 5.1.1). Outro aspecto observado é que a totalidade dos conceitos escolhidos pelos alunos entre aqueles disponíveis na atividade de construção dos mapas livres, foram estudados em anos anteriores, nas disciplinas de Química e Física, como força, prótons, elétrons e nêutrons. Apesar disso, a ausência de relações, ou relações incorretas entre estes conceitos, como por exemplo, associar carga elétrica com nêutrons,

demonstra que não ocorreu uma aprendizagem significativa destes conceitos, ou que ocorreu uma aprendizagem mecânica.

Conforme visto anteriormente, Ausubel define aprendizagem mecânica como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva.

Portanto, de acordo com nossa análise, embasados nas categorias definidas, verificamos que a maioria dos estudantes não apresentou subsunções relevantes, visto que os conceitos foram colocados nos mapas sem relações que demonstrassem algum tipo de conhecimento prévio desejável, fato este que os classificou na *categoria A*.

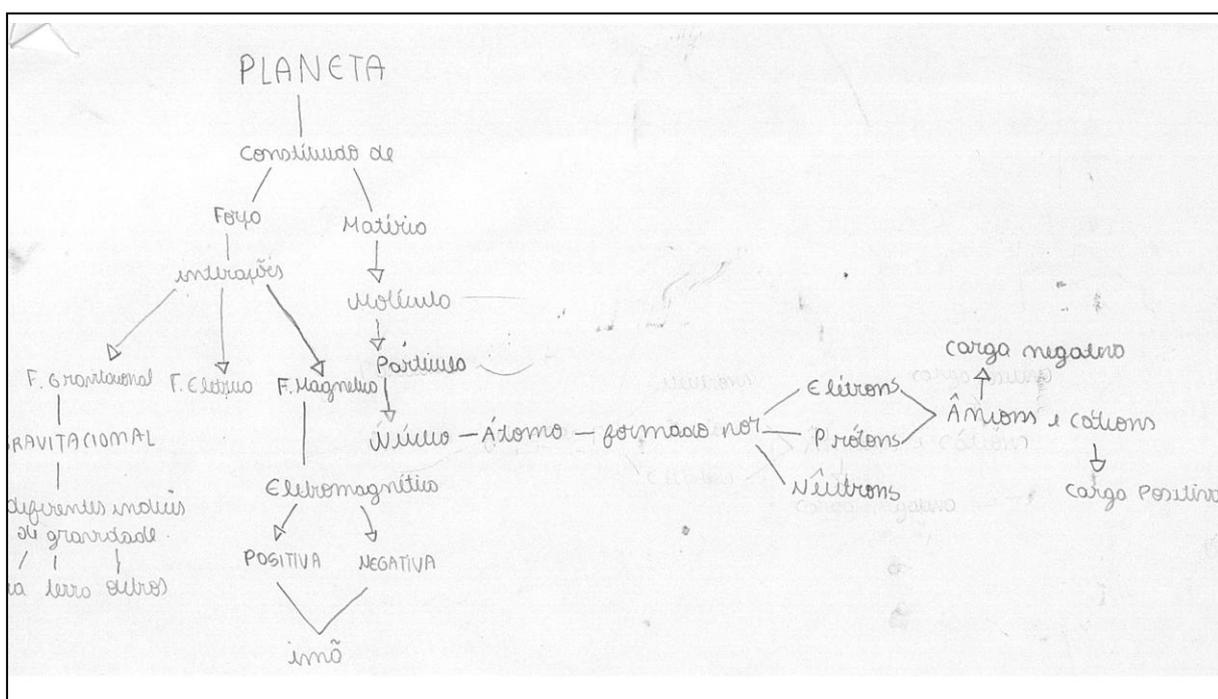


Figura 12 – Mapa livre elaborado pela dupla C

Passamos, agora, à análise dos mapas elaborados pelas duplas I e K, classificados na *categoria B*, por apresentarem poucos indícios de aprendizagem (figuras 13 e 14 respectivamente).

Após analisarmos os mapas livres das duplas I e K, verificamos que eles apresentam relações hierárquicas entre os conceitos subordinados, porém com alguns erros, por exemplo, força fraca e forte se divide em força magnética, elétrica e gravitacional. Pelas proposições

apresentadas ficou evidenciado que os alunos possuíam conhecimentos já estudados anteriormente, nas disciplinas de Física e Química.

Nesta análise ficou claro que os mapas elaborados pelas duplas I e K apresentam indícios de aprendizagem de alguns conceitos, isto pelas relações hierárquicas corretamente definidas. Os alunos utilizaram poucos conceitos. Porém, considerando os conceitos que envolvem a constituição da matéria, eles apresentaram alguns subsunçores relevantes que serviram para elaboração dos demais mapas, como por exemplo, que o átomo é formado de partículas.

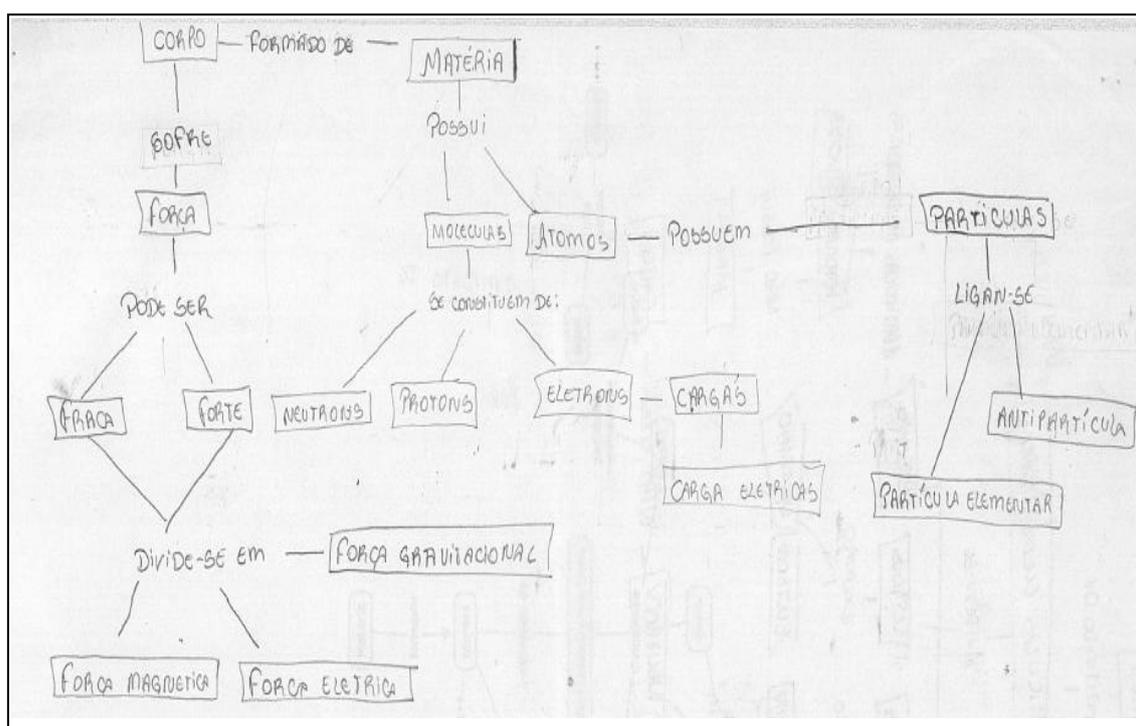


Figura 13 – Mapa livre elaborado pela dupla I

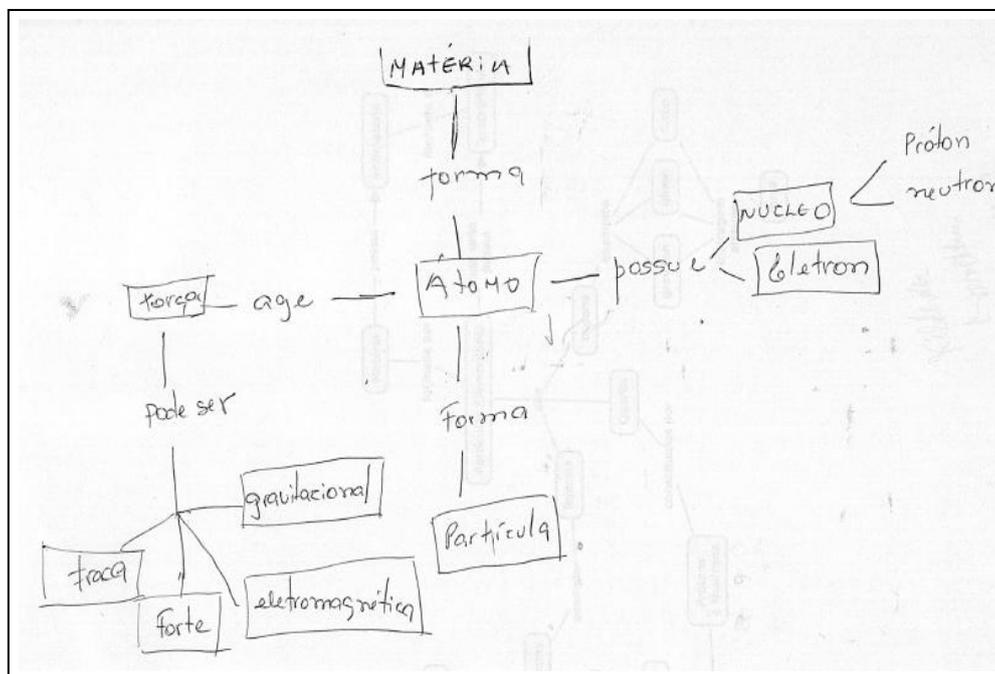


Figura 14 – Mapa livre elaborado pela dupla K

Da análise dos mapas livres, pudemos concluir que a maioria dos alunos não apresentava subsunçores relevantes em sua estrutura cognitiva. Ficou também evidenciado a carência de ideias claras, hierárquicas e organizadas dos conceitos disponibilizados no quadro 5 da atividade descrita na seção 4.4.1. O que percebemos foi a existência de conhecimentos superficiais, provavelmente adquiridos através de uma aprendizagem mecânica. Segundo Moreira a aprendizagem, apesar de mecânica, não deve ser desconsiderada.

Aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informação numa área de conhecimento completamente nova para ele. Isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados. À medida que a aprendizagem começa a ser significativa estes subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações. (MOREIRA E MASINI, 2011, p. 19)

Desta forma, os mapas, mesmo incompletos representam uma possibilidade de crescimento futuro dos alunos.

5.2.3 Resultado – mapas conceituais construídos após o organizador prévio

Passamos, agora, à análise dos mapas conceituais elaborados na nova situação-problema, descrita na subseção 4.4.1, após os alunos assistirem ao filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, que serviu como organizador prévio da atividade proposta. Nesta atividade, após o filme e discussão dos conceitos com mediação da professora, foram entregues aos alunos os mapas livres feitos na situação inicial, com o objetivo de serem refeitos, com os novos conhecimentos adquiridos.

Os mapas conceituais também foram classificados de acordo com as categorias do quadro 19, de forma a verificar indícios de aprendizagem significativa. De acordo com a análise, classificamos onze duplas de alunos na *categoria B* e duas duplas na *categoria C*. Para nossa análise utilizamos como exemplo as mesmas duplas identificadas na amostra dos mapas livres.

Nas figuras 15, 16 e 17 temos os mapas elaborados pelas duplas B, M e C pertencentes à *categoria B*. Os mapas construídos sugerem poucos indícios de evolução da aprendizagem. Observamos que as duplas, em geral, apresentaram relações hierárquicas válidas e algumas palavras de ligação, dando sentido às proposições. Os mapas não apresentaram todos os conceitos trabalhados, e não se identificou nesta categoria mapas que integrassem os conteúdos de Eletricidade com Física de Partículas.

Observamos, pela evolução dos mapas conceituais, que os alunos, após a realização das atividades propostas, apresentaram indícios de aprendizagem em relação aos tópicos de Física de Partículas trabalhados durante as aulas. Porém, eles não conseguiram fazer uma relação integrada com os conteúdos de Eletricidade, talvez pelo fato da elaboração dos mapas conceituais ter sido realizada durante a parte introdutória dos conteúdos de Eletricidade, além das dificuldades normais relacionadas aos conceitos envolvidos.

Outra constatação importante proveniente da análise dos mapas é o fato de alunos terem modificado os conhecimentos errôneos verificados inicialmente quando da elaboração dos mapas livres, como exemplo, a formação básica da constituição da matéria. Nos mapas conceituais os alunos já apresentaram o átomo composto pelos elétrons e pelo núcleo, onde se encontram os nêutrons e os prótons, o que não aconteceu na maioria dos mapas livres elaborados na atividade inicial. Outro exemplo da evolução da aprendizagem verificada pela análise dos mapas foi o entendimento de que a matéria é constituída por átomos. Todos estes

conceitos já haviam sido estudados na disciplina de Química, mas não estavam presentes na estrutura cognitiva dos estudantes no início da implementação da UEPS.

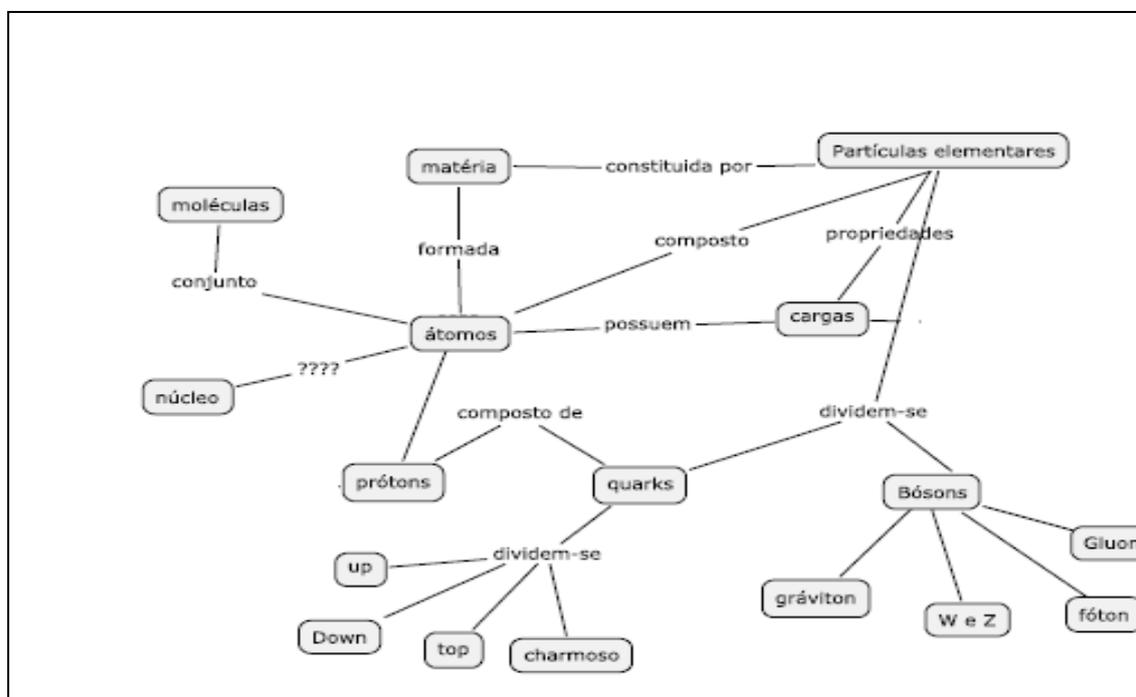


Figura.15 - Mapa conceitual elaborado pela dupla B

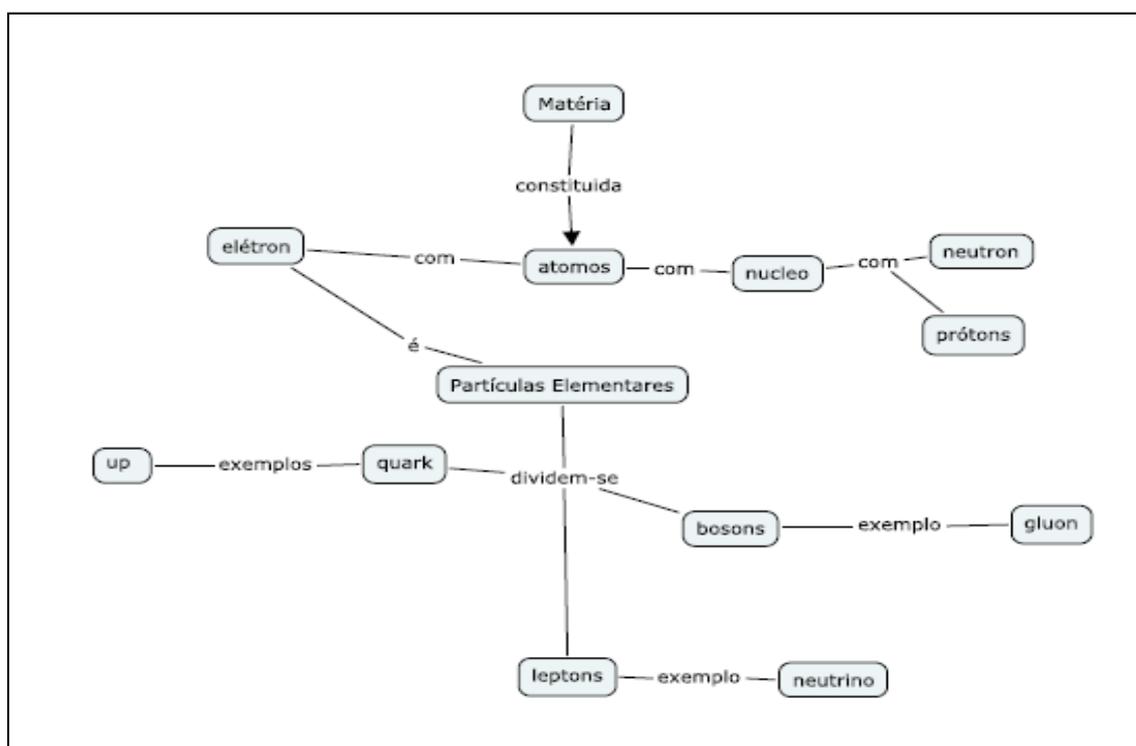


Figura 16 – Mapa conceitual elaborado pela dupla M

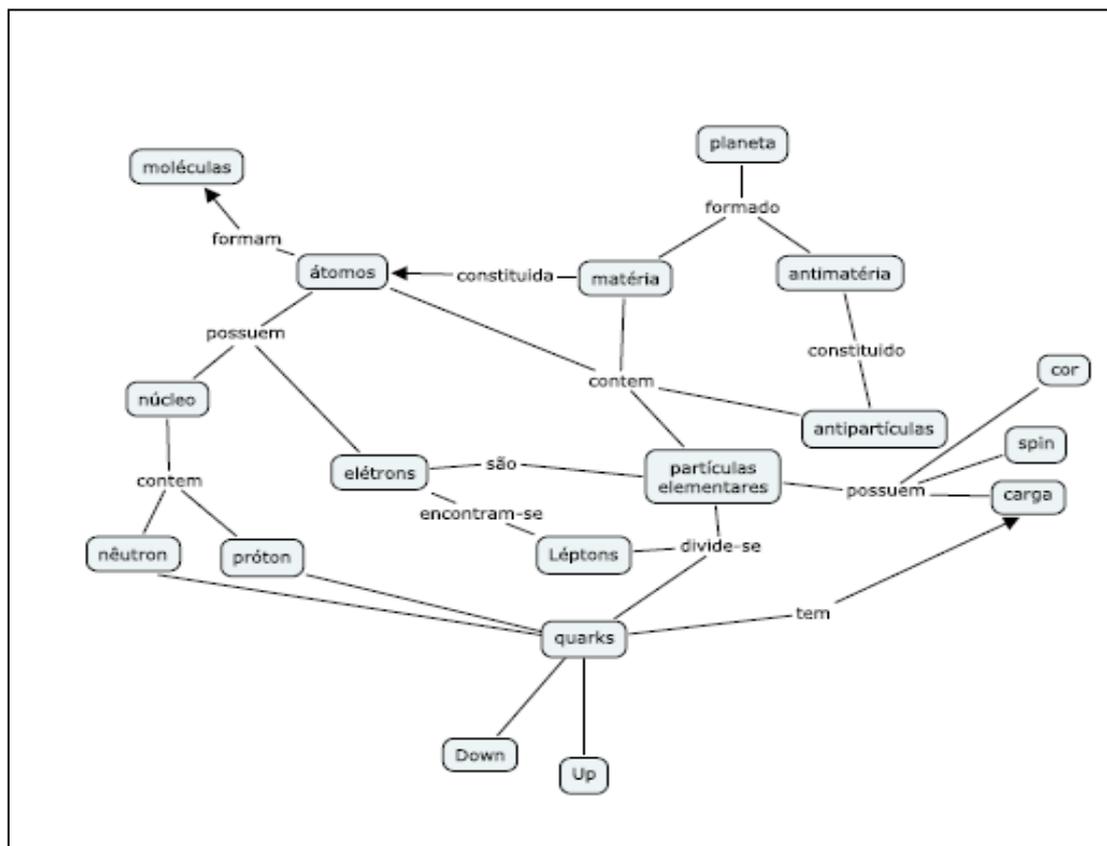


Figura 17 - Mapa conceitual elaborado pela dupla C

Nas figuras 18 e 19 temos os mapas elaborados pelas duplas D e J pertencentes à categoria C. Estas duplas apresentaram, na elaboração dos mapas, os principais conceitos envolvidos no estudo e a integração entre os tópicos de Eletricidade e Física de Partículas até então estudados, demonstrando diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Como exemplo, podemos citar a dupla D quando associou elétron a carga elétrica, ou quando a dupla J associa átomo, núcleo, próton e que os prótons são formados de quarks.

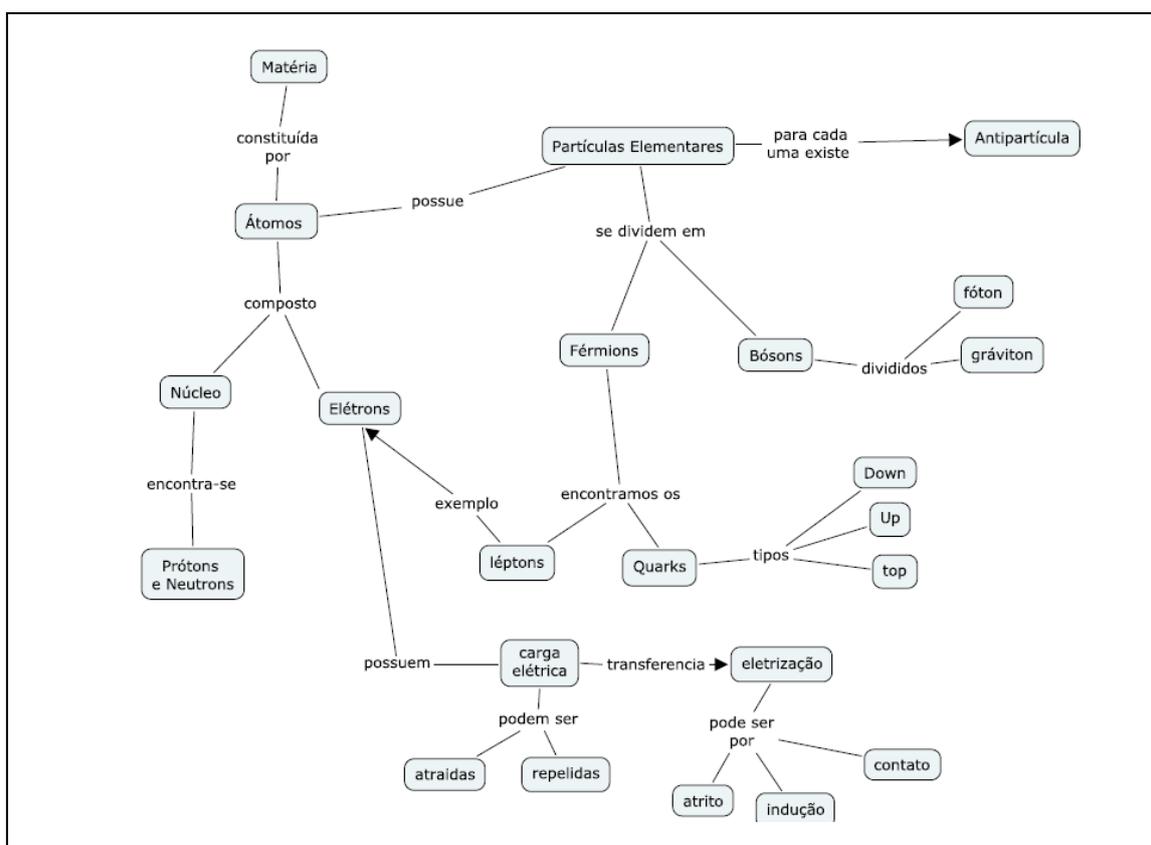


Figura 18 – Mapa conceitual elaborado pela dupla D

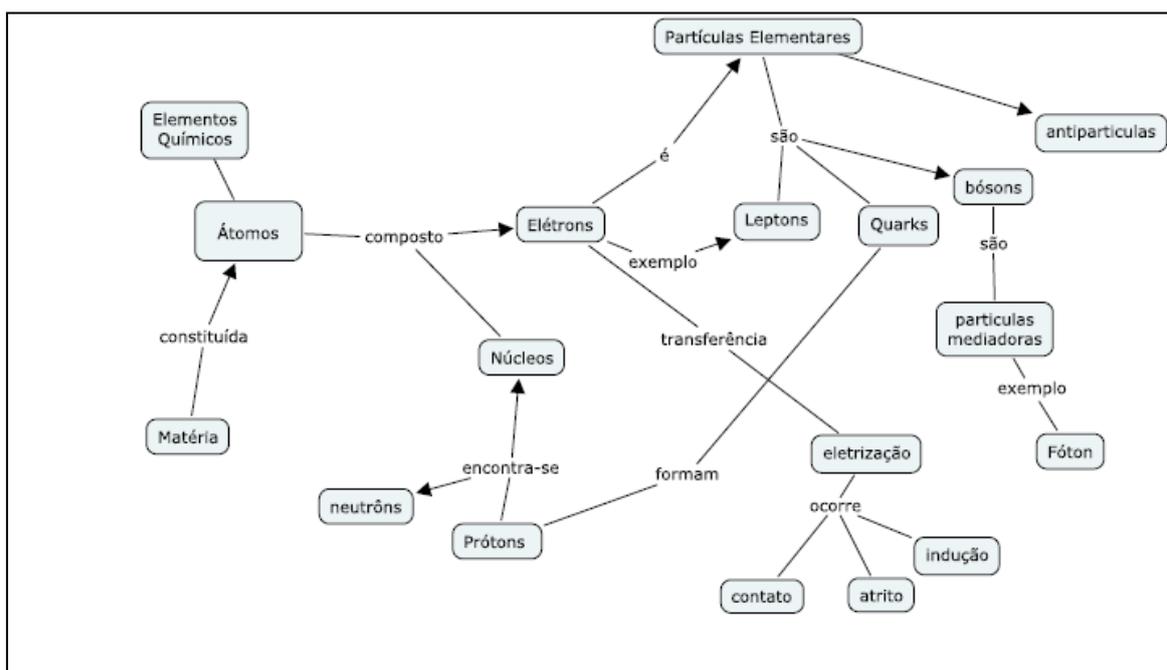


Figura 19 – Mapa conceitual elaborado pela dupla J

5.2.4 Resultados – mapas conceituais elaborados na avaliação da aprendizagem

Passamos, agora, à análise dos mapas conceituais elaborados na avaliação da aprendizagem da primeira UEPS, descrita na subseção 4.4.1. Nesta atividade final foi solicitado aos alunos que, em duplas, elaborassem um mapa conceitual integrando todos os conceitos vistos até o momento.

Os mapas foram classificados, novamente, de acordo com as categorias do quadro 19 de maneira a verificar a ocorrência de aprendizagem significativa dos estudantes. De acordo com a análise, classificamos cinco duplas de alunos na *categoria B* e oito duplas na *categoria C*.

Nas figuras 20 e 21 temos, como amostra, dois mapas elaborados pelas duplas M e K, pertencentes à *categoria B*. Nestes, os alunos apresentaram indícios de aprendizagem, porém verificamos poucas proposições, e a não integração entre tópicos de Física de Partícula e Eletricidade .

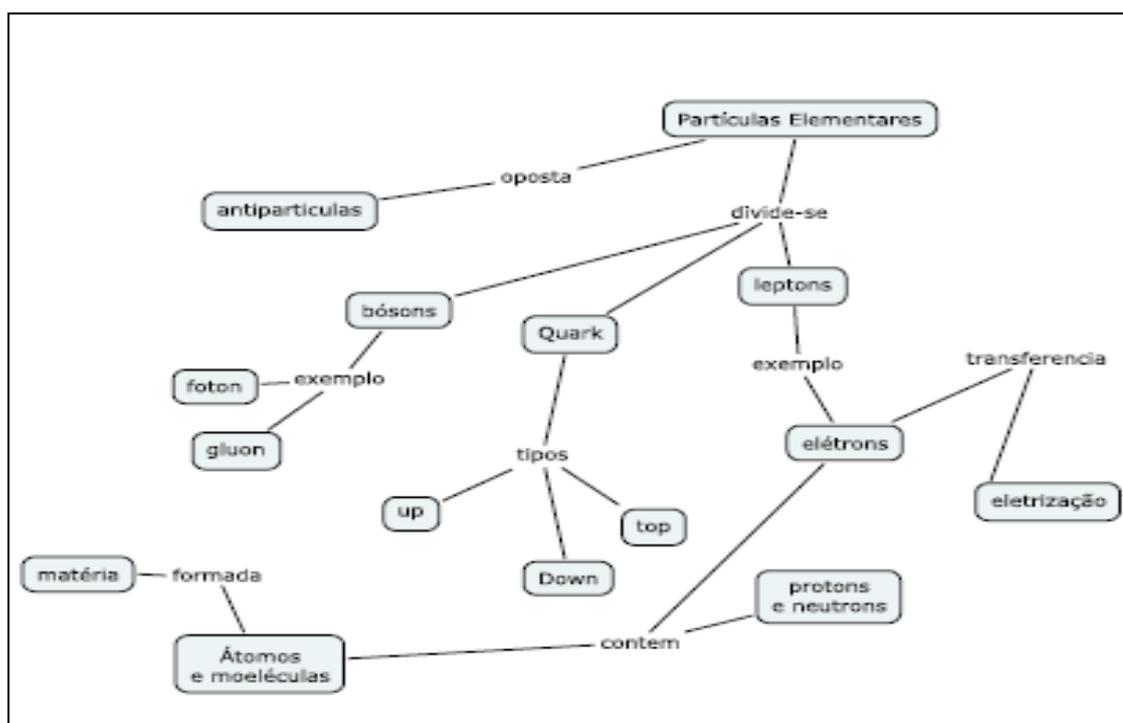


Figura 20 – Mapa conceitual elaborado pela dupla M

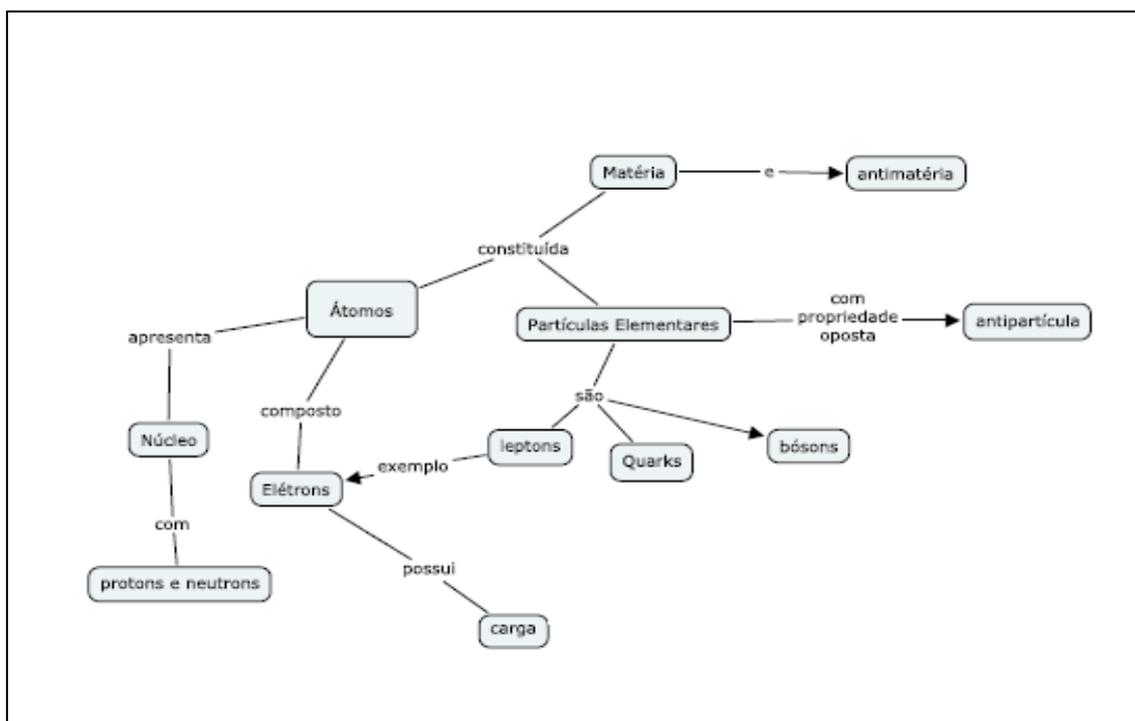


Figura 21 – Mapa conceitual elaborado pela dupla M

Nas figuras 22 e 23 temos os mapas elaborados pelas duplas B e C pertencentes à categoria C. Os mapas classificados nesta categoria apresentaram indícios satisfatórios de aprendizagem significativa. Verificamos a presença de critérios como relações hierárquicas válidas, conceitos cruzados, diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e a relação de integração entre os conteúdos abordados nestes mapas. Como exemplo de diferenciação progressiva podemos citar, no mapa da dupla B (figura 22), a disposição hierárquica do conceito mais geral (matéria), prosseguindo com conceitos intermediários (partículas elementares, átomos) até se chegar na base do mapa, com conceitos mais específicos, como a divisão dos quarks e dos bósons.

Outro indício de aprendizagem significativa segundo os critérios determinados, é a integração entre os conceitos abordados. Como exemplo, podemos citar as ligações entre os conceitos de partícula elementar, carga, elétron e processo de eletrização, constante no mapa da dupla C (figura 23)

Podemos concluir que a utilização dos mapas em determinados passos das UEPS proporcionou uma evolução conceitual na aprendizagem dos alunos. Ficou evidenciado, pela análise dos resultados elencados no quadro 20 onde consta a relação das categorias e os mapas, que as atividades com mapas têm a capacidade de conduzir a uma aprendizagem significativa.

O quadro 20 demonstra que a maioria das duplas de alunos, ao elaborarem inicialmente os mapas livres, foi classificada na categoria A, ou seja, não apresentavam subsunçores relevantes na sua estrutura cognitiva.

Após terem realizado algumas atividades colaborativas presentes nos passos das UEPS, os alunos agregaram conhecimentos, conforme ficou demonstrado pela elaboração do segundo mapa, realizado após a utilização do recurso com organizador prévio. Houve uma evolução das duplas da categoria A para a categoria B, onde classificamos os mapas que apresentam poucos indícios de aprendizagem significativa, e para a categoria C, onde classificamos os mapas com indícios satisfatórios de aprendizagem significativa. Importante ressaltar que na análise deste mapa conceitual, a maioria das duplas foi classificada na categoria B, a nosso ver, pelo fato da complexidade dos conteúdos envolvidos e do reduzido conhecimento prévio dos alunos participantes da pesquisa.

Por fim, considerando o problema de pesquisa apresentado e a análise do mapa conceitual final realizado no último passo da UEPS, ficou evidenciado que os alunos apresentaram uma evolução na aprendizagem, demonstrado pelo resultado das categorias. A maioria dos mapas das duplas de alunos foi classificada na categoria C, onde incluímos os mapas que apresentam indícios satisfatórios de aprendizagem, sendo que um dos critérios desta categoria é que os mapas apresentem integração entre os conteúdos de eletricidade e tópicos de Física de Partículas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos primeiros capítulos deste trabalho procuramos destacar a importância da inserção de FMC no Ensino Médio e a busca por metodologias diferenciadas que permitam sua implementação.

Buscamos, dentro da diversidade de tópicos que fazem parte da FMC, um tema que despertasse a curiosidade do aluno e que, ao mesmo tempo, possibilitasse relação e integração com conteúdos que seriam trabalhos durante o ano.

Escolhemos a Física de Partículas por ser um tema atual e instigante, que nos leva a questionar o Universo, sua composição e sua dimensão. Mais do que responder a estas indagações, a Física de Partículas contribui para uma visão contemporânea da Ciência e a eterna busca pela compreensão dos fenômenos da natureza.

A Física de Partículas também é um conteúdo adequado para explicar o processo científico de validação de teorias, bem como o funcionamento da ciência atual na busca pela compreensão da natureza (SIQUEIRA, 2006).

As pesquisas realizadas na área de ensino, que foram objeto de análise na revisão bibliográfica deste trabalho, evidenciaram a busca por mudança nos currículos de Ensino Médio, com vistas à inserção de tópicos de FMC. Vários são os trabalhos que abordam este tema, porém pesquisas acerca de propostas didáticas sobre tópicos de Física de Partículas são poucas em comparação a outros conteúdos clássicos. Analisamos, também, a presença do tema nos livros didáticos utilizados nas escolas públicas e ofertados pelo PNLD. Observamos uma abordagem aquém do necessário, geralmente nos capítulos finais do terceiro volume, com textos curtos e sem contextualização, e raras atividades, em grupo ou individuais relacionadas aos tópicos.

Somado a estas interpretações iniciais, procuramos trabalhar o aspecto metodológico e a base teórica que foi desenvolvida, com o intuito de responder o problema de pesquisa que norteou o presente trabalho: *De que forma a abordagem integrada de tópicos de Física de Partículas aos conteúdos de Eletricidade e Magnetismo no Ensino Médio, através de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, propicia a Aprendizagem Significativa dos estudantes?*

Ao longo da aplicação da metodologia, e através de trabalhos relacionados aos temas propostos, desenvolvemos estratégias e recursos didáticos através da implementação das UEPS, que contribuíram para facilitar a integração de conteúdos, sabidamente de difícil

compreensão e elevado grau de abstração, como os de Eletricidade, Magnetismo, Partículas Elementares e Interações Fundamentais, sempre objetivando a aprendizagem significativa dos estudantes.

Tendo como base a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel e seus seguidores e considerando os pressupostos de uma pesquisa qualitativa, nosso estudo teve como foco principal o desenvolvimento de duas UEPS, cujo objetivo foi propiciar a aprendizagem significativa de tópicos de Física de Partícula integradas aos conteúdos de Eletricidade e Magnetismo.

A abordagem dos tópicos de Física de Partícula teve um caráter introdutório, pois os conceitos não foram explorados com o formalismo que os são peculiares. A introdução desses tópicos tem também o objetivo de formar a base para uma melhor compreensão do tema Física de Partículas para aqueles alunos que continuarão seus estudos na área, seja de maneira formal ou informal, contribuindo assim para uma formação cidadã.

Por sua vez, as atividades com o questionário inicial e o mapa livre visaram o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, de fundamental importância no desenvolvimento da presente pesquisa. A partir desse levantamento e da análise dos resultados das atividades, foi possível saber o que efetivamente os estudantes possuíam de conhecimentos prévios a respeito dos tópicos a serem estudados, norteando, assim, a construção e o desenvolvimento das atividades das UEPS.

O desenvolvimento dos vários recursos didáticos utilizados nas UEPS proporcionou um maior envolvimento entre alunos, professora e materiais. A preparação das atividades exigiu esforço e dedicação da professora, devido à complexidade dos conteúdos envolvidos e dos experimentos, visto que as atividades eram desenvolvidas de forma a acompanhar a evolução da aprendizagem dos alunos.

Cabe ressaltar que as atividades foram bem recebidas pelos alunos, pois durante o desenvolvimento das mesmas percebemos uma grande interação, o que estimulou o grupo nos desafios inerentes às atividades e na superação das dificuldades encontradas. Essa superação ficou evidenciada na análise das avaliações individuais, principalmente nas questões abertas, visto que ao final das UEPS os alunos demonstravam preocupação em descrever as respostas com mais detalhes.

Outro aspecto importante para verificação da aprendizagem significativa foi a avaliação das próprias UEPS. Neste trabalho elaboramos e implementamos, como já foi dito, duas UEPS. Optamos por apresentar alguns resultados das atividades da primeira UEPS, porém todas as atividades foram avaliadas durante seu desenvolvimento e ao final foi

realizada uma avaliação de cada UEPS, através da análise qualitativa das mesmas. Nesta avaliação a professora buscou indícios de aprendizagem dos conceitos abordados, verificou se houve participação dos estudantes e se estes demonstraram interesse pelas estratégias de ensino utilizadas, como também se durante as avaliações formais os alunos tiveram o mesmo aproveitamento e o mesmo êxito demonstrado durante as atividades em grupo.

Na primeira UEPS foi possível verificar um grande interesse dos alunos nas atividades realizadas e nos tópicos abordados. Com o desenvolver das atividades os alunos demonstraram uma evolução na aprendizagem, mesmo nas mais formais, como a avaliação individual e os exercícios para serem feitos em casa. Observou-se, também, que os trabalhos em grupo favoreceram um maior diálogo entre estudantes e a professora. Podemos afirmar, portanto, que a utilização da UEPS e os trabalhos avaliativos desenvolvidos de maneira diferente da tradicional, evidenciaram a ocorrência de aprendizagem significativa por parte dos estudantes.

Os resultados obtidos no questionário inicial e no mapa livre da primeira UEPS demonstraram que, apesar dos estudantes terem noções sobre a estrutura atômica básica da matéria, geralmente estudadas na disciplina de Química, eles não conseguiram estabelecer relações corretas entre os conceitos envolvidos. Outros resultados contribuíram para nortear o desenvolvimento das atividades iniciais e seguintes sobre a constituição da matéria e a integração dos conteúdos clássicos, na tentativa de promover a aprendizagem da estrutura atômica mais complexa estudada na área da Física de Partículas.

Também, como análise dos resultados da primeira UEPS, utilizou-se o questionário final, não como uma tarefa avaliativa, mas sim como uma atividade colaborativa, de maneira a verificar se houve uma evolução conceitual do questionário inicial e indícios de aprendizagem significativa.

Outra atividade avaliada na pesquisa foi a elaboração dos mapas conceituais, que foram desenvolvidos em diferentes abordagens dentro da primeira e segunda UEPS. Na primeira intervenção os alunos elaboraram mapas após o organizador prévio. Na segunda, como avaliação final de aprendizagem da primeira UEPS. Estes mapas foram analisados em conjunto com o mapa livre desenvolvido na primeira atividade. Desta análise ficou claro o quanto as atividades diversificadas, aplicadas de forma intercalada com a construção dos mapas, contribuíram para uma aprendizagem significativa.

Cabe ressaltar que a avaliação da primeira UEPS não foi apenas com base nas atividades dos mapas, pois em sua implementação foram realizadas diferentes atividades que serviram também como avaliação, evidenciando ou não uma aprendizagem significativa.

Na segunda UEPS também ficou evidenciada a ocorrência de aprendizagem significativa, porém em uma menor escala, devido a situações extraclasse ocorridas durante a sua aplicação, tais como a greve dos professores, períodos reduzidos, festas comemorativas, entre outros. Tais fatos acarretaram um menor desempenho dos alunos em sala de aula, porém não afetaram significativamente a implementação desta UEPS.

Podemos afirmar que o desenvolvimento do presente trabalho evidenciou que o estudo dos conteúdos através das UEPS, além de facilitar a aprendizagem significativa dos alunos, proporciona uma alternativa de desenvolver temas contemporâneos na escola básica, tornando o ensino e aprendizagem dos conteúdos de Física de Partículas mais estimulante para o aluno.

Os resultados obtidos demonstraram, efetivamente, que a inserção de tópicos de FMC integrado aos conteúdos clássicos, em específico Física de Partículas, através da metodologia das UEPS, conduziu a uma aprendizagem por parte dos alunos, pois apresentou uma física moderna, conceitual e contextualizada, colaborando para uma sociedade mais informada, capaz de acompanhar os avanços da Ciência.

Portanto, a utilização do recurso das UEPS, como demonstrado nesta pesquisa, serviu como uma estratégia didática inovadora na abordagem de tópicos de Física de Partícula integrados aos conteúdos clássicos de Eletricidade e Magnetismo no Ensino Médio. Contribuiu amplamente para a inserção de FMC no Ensino de Física, pois facilitou a prática docente e, principalmente, auxiliou no processo de ensino e aprendizagem.

Por fim, acreditamos que esta pesquisa cumpriu com seus objetivos, e possa servir de incentivo para a busca e implementação de novas metodologias didáticas nas mais variadas áreas do ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, M. C. B. Sobre o discreto charme das partículas elementares. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 38-44, 2005

ABDALLA, M. C. B. **O Discreto Charme das Partículas Elementares**. São Paulo: UNESP, 2006.

ALLDAY, J. The nature of force in particle physics. **Physics Education**, Bristol, 1997. Apud OSTERMANN e MOREIRA, 2000.

ALMEIDA, M. J. P. M.; RINCON, A. E. Divulgação científica e texto literário – Uma perspectiva cultural em aulas de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.10, n.1, p. 7-13, 1993.

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Curso de Física**. Coleção Curso de Física. V.1,2 e 3. São Paulo: Scipione, 2010.

ANDRADE, I. B. A.; MARTINS, I. Discursos de professores de ciências sobre leitura. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, n.2, p.121-151, 2006.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Paralelo editora, lda. Lisboa, PT, 2000.

BALTHAZAR, W. F. **Partículas elementares no ensino médio: uma abordagem a partir do LHC**. Dissertação, Universidade Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis, 2008.

BALTHAZAR, W. F.; OLIVEIRA, A. L. O LHC (Large Hadron Collider) e uso da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade e História da Filosofia da Ciência, como proposta para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. XVIII **Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF – Vitória, ES, 2009.**

BARLOW, R. Particle physics: from school to university. **Physics Education**, Bristol, v. 27, n. 2, p. 92-95, Mar. 1992. Apud OSTERMANN e MOREIRA, 2000.

BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X. **Física aula por aula**. V. 1,2 e 3. São Paulo: FTD, 2010.

BICUOLA, G. J. , BOAS, N. V. ,DOCA, R. H. **Física**. V. 1, 2 e 3. São Paulo. Editora Saraiva, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretária de Ensino Básico. **Guia de livros didáticos: PNLD 2012 : Física**. – Brasília, 2011.

_____. Ministério da Educação, Secretária de Ensino Básico. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei 9.394, de 2012/1996.

_____.Ministério da Educação, Secretária de Ensino Básico. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Ensino Médio. Brasília, 2000.

_____. Ministério da Educação, Secretária de Ensino Básico. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 2002.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. (Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2). Brasília, 2006.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 387-404, dez. 2005.

CARVALHO, A. M. P. **Critérios Estruturantes para o Ensino das Ciências**. Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. Pioneira Thomsom Larning, São Paulo, 2004.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**, 2^a ed. – Petrópolis,RJ: Ed. Vozes, 2008.

COSTAMAGNA, A. M. Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. **Enseñanza de lãs Ciencias**, Barcelona, v. 16, n. 2, p. 309-318, 2001.

DOMINGUINI, L. Física moderna no Ensino Medio: Com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, 2502, 2012.

FARMELO, G. Teaching particle physics in the open university's science foundation course. **Physics Education**, Bristol, 1992. Apud OSTERMANN e MOREIRA, 2000.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007. **Ciências & Cognição**, Vol 14 (1), Pg.121-143, 2009.

FUKE, L. F.; YAMAMOTO, K. **Física para o ensino**. V. 1, 2 e 3. São Paulo: Saraiva, 2010.

GAMA, E. ; BARROSO, M.F. Física na Escola na Europa. **Física na Escola**, v.10, n.2, p.32-35, 2009.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. v. 1, 2 e 3. São Paulo: Ática, 2010.

GOMES, et al. Usando o modelo padrão de partículas para Discutir a radioatividade: relato da experiência de Pibidianos. **XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF – São Paulo, SP, 2013**.

GONÇALVES FILHO, A. ; TOSCANO, C. **Física e Realidade**. Ensino Médio. V. 1, 2 e 3. São Paulo: Scipione, 2010.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**. V. 31, N. 3, p. 198-202, 2009.

JONES, D. G. C. Cosmology and particle physics. **Physics Education**, Bristol, 1992. Apud OSTERMANN E MOREIRA, 2000.

JUNIOR, W. E. F. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007. **Ciências & Cognição**, Vol 14 (1), Pg.121-143, 2009.

KANTOR, C. A.; et al. **Quanta física**. Ensino. V. 1,2 e 3. Médio. São Paulo: Editora PD, 2010.

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

KREY, I. **Implementação de uma proposta de ensino para a disciplina de estrutura da matéria baseada na teoria dos campos conceituais de Vergnaud**. Tese de doutorado - Programa de Pós-graduação em Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009.

LAMARQUE, T.; TERRAZZAN, E. A. Física moderna nos livros didáticos do programa nacional do livro didático para o ensino médio (PNLEM). **In: Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009, Vitória/ES. 18º Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009.

LEDERMAN, L. Unraveling the mysteries of the atom. **The Physics Teacher**, Stony Brook, 1982. Apud OSTERMANN e MOREIRA, 2000.

LOUZADA, C. O.; ARAUJO, M. S. T. Ensino de física de partículas elementares no ensino médio: as perspectivas dos professores em relação ao ensino do modelo padrão. **XVII Simpósio nacional de ensino de física SNEF**, 2007.

_____. O essencial invisível aos olhos: uma viagem pela estrutura da matéria através de uma sequência ensino-aprendizagem para a introdução de Física de Partículas Elementares no Ensino Fundamental. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2009.

LUIZ, D. C. R.; WATANABE, G.; GURGEL, I. A física, a cultura e os aceleradores de partículas: Articulações possíveis em sala de aula . **XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF – São Paulo, SP**, 2013.

MACHADO, D. I. ; NARDI, R. Avaliação do Ensino e Aprendizagem de Física Moderna no Ensino Médio. Trabalho apresentado ao **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, 2003.

MAIA, M. X. **Uma abordagem do modelo padrão da física de Partículas acessível a alunos do ensino médio**. Dissertação Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. v. 1, 2 e 3. São Paulo: Scipione, 2010.

MELO, M. R. ; NETO, E. G. L. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. *Química nova na escola*. Vol. 35, Nº 2, p. 112-122, maio, 2013.

MINAYO, M.C.S. **Pesquisa social - Teoria, Método e Criatividade**. 23 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

MONTEIRO, M. A. et al, “A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”, **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 557-580, 2009.

MORAES, R. ; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2013.

MOREIRA, M. A. Partículas e interações. **A Física na Escola**, São Paulo, 5(2): 10-14, 2004.

_____. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Revisado e publicado em espanhol, em 2005, na Revista Chilena de Educação Científica, 4(2): 38-44. Revisado novamente em 2012. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>

_____. **A teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

_____. **Mapas Conceituais e Diagramas V**. Porto Alegre: Ed. Do autor, 2006.

_____. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica in: Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, Setembro de 2006 e do I Encuentro Nacional **sobre Enseñanza de la Matemática, Tandil**, Argentina, abril de 2007. Disponível em: www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclassicavisacritica.pdf

_____. O Modelo Padrão da Física de Partículas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, 2009.

_____. Aprendizagem Significativa Crítica. **Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. 2. ed. 2010. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>.

_____. **Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revistas/ Meaningful Learning Review – V1(2), pp. 43-63, 2011.

_____. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Ed. EPU, 2011.

_____. Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, ISSN 0717-9618, Vol. 7, N°. 2, 2008 , pp. 23-30. Revisado em 2012.

MOREIRA, M.A., CABALLERO, M.C. e RODRÍGUEZ, M.L. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. (orgs.) **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. pp. 19 -44. 1997.

MOREIRA, M. A.; MASINI E.F.S., **Aprendizagem Significativa** – A Teoria de David Ausubel.4ª edição. Editora Centauro, São Paulo, 2011.

MORENO, L. R.; et al. Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, p. 453-463, 2007.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprendiendo a aprender**. Barcelona: Martínez Roca. Tradução para o espanhol do original Learning how to learn. 1988.

NOVAK, J. D.; CANÃS , A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29 , jan.-jun. 2010.

OSTERMANN, F. Um texto para professores do ensino médio sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 415-436, set. 1999.

OSTERMANN, F., CAVALCANTI, C. J. H. Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 3, p. 267-286, dez. 1999.

_____. **Um pôster para ensinar Física de Partículas na Escola**. A Física na Escola, V. 2, n.1, p. 13-18. 2001.

OSTERMAN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.5, n.2, 2000.

_____. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Física**, Florianópolis, V.18(2), 2001.

PALANDI, J.; FIGUEIREDO, D.; FORTUNATO, D.; CARMO, D.; VIEIRA, L. Cinemática Integrando Teoria E Experimento. **II Encontro Estadual de Ensino de Física**: Porto Alegre, RS, 2007.

PEREIRA, M.M. LHC: o que é, para que serve e como funciona. **Física na Escola**. v.12, n.1, p.37-41. 2011.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigação em Ensino de Ciências**, 14(3): 393 -420, dez. 2009.

PEREIRA, J. M.; LONDERO, L. O ensino de partícula elementares por meio da leitura de “Alice no país do quantum” **XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF – São Paulo, SP**, 2013.

PIETROCOLA, M.; et al. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. Livro do Professor. São Paulo: FTD, 2010.

PINHEIRO, L. A. **Partículas Elementares e Interações Fundamentais no Ensino Médio**. Dissertação de mestrado apresentada em Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2011.

PINHEIRO, L. A. COSTA, S. S. C. **Relato sobre a implementação de uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio. Experiências em Ensino de Ciências – V4(3)**, pp. 101-116, 2009.

PINHEIRO, L. A.; COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Projetando o ensino de partículas elementares e Interações fundamentais no ensino médio. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF – Vitória, ES**, 2009.

REGO, S. C. R.; GOUVÊA, G. Imagens em materiais didáticos impressos para o ensino de Física num curso de Licenciatura semipresencial. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, 3(3), pp. 1-19, 2010.

RIVELLES, V. O. A teoria de cordas e a unificação das forças da natureza. **Física na Escola**, v. 8, n. 1, 2007.

ROSA, P. R. S. **Uma Introdução à Pesquisa Qualitativa no Ensino**. Campo Grande: Editora UFMS, 2013.

RYDER, L. The standard model. **Physics Education**, Bristol, 1992. Apud OSTERMANN e MOREIRA, 2000.

SANT'ANNA, B. , MARTINI, G. , REIS, H.C. e SPINELLI, W. **Conexões com a Física** . V. 1, 2 e 3. São Paulo, editora Moderna, 2010.

SANTOS, I. C. F; CALHEIRO, L. B.; PALANDI, J. Física de Partículas no Ensino Médio. **IV Encontro Estadual de Ensino de Física** do Rio Grande do Sul- RS, Porto Alegre, 2011.

SILVA, L.; NEY, W, G. Partículas Elementares no Ensino Médio: Uma Análise de Livros Didáticos e Paradidáticos em Física e Química. **XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF** – São Paulo, SP, 2013.

SIQUEIRA, M. R. P. **Do Visível ao Indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**. Dissertação de mestrado apresentada em São Paulo, SP. 2006.

SIQUEIRA, M. R. P. e PIETROCOLA, M. Revisando materiais em ensino médio sobre o tema física de partículas elementares. In: **V ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino em Ciências**, 2005.

_____. A transposição didática aplicada a teoria contemporânea: a física de partículas elementares no ensino médio. n: **X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - EPEF**, Londrina. Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - EPEF. v. 1. p. 1-1.2006.

_____. A estruturação de um curso de física moderna e contemporânea: a física de partículas elementares no Ensino médio. **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF** - Curitiba – 2008

_____. Espalhamento de Rutherford na sala de aula do ensino médio. **A Física na Escola** (Online), v. 11, p. 9-11, 2010.

TAGIKU, A. M. ; TETZNER, G. C. ; MELO, D. G. ; PAIVA, J. R. ; UETA, N. ; SOUSA, W. B. Linha do tempo: uma releitura coletiva da construção histórica da evolução do conceito do átomo. In: XVIII SNEF 2009, 2009, Vitória ES. **Anais do XVIII SNEF** , 2009.

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

TORRES, C. M. A. , FERRARO, N. G., SOARE, P. A. **Física Ciência e Tecnologia**. V.1, 2 e 3. São Paulo. Editora Moderna, 2010.

TRINDADE, J. O. **Ensino e aprendizagem significativa do conceito de ligação química por meio de mapas conceituais**. Dissertação apresentada São Carlos, SP, 2011.

TRINDADE, J. O.; HARTWIG, D. R. Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise Inicial das Ligações Químicas. **Química na nova escola**, Vol. 34, N° 2, p. 83-91, Maio 2012.

VALENTE, L. ; SALÉM, S. ; BARCELLOS, M. E. ; KAWAMURA, M. R. Física Nuclear: Caminhos para a sala de aula. in: **XI encontro de pesquisa em ensino de física**, Curitiba, 2008.

VIDAL, X. C. e MANZANO, R. C. O LHC ajudando a entender conceitos de eletrostática no Ensino Médio. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, 2010.

WATANABE, G. ; MUNHOZ, M. O acelerador de partículas pelletron: uma visão sobre o divulgar ciência em laboratórios de pesquisa. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2009.

XAVIER, C. e BARRETO, B. **Física aula por aula**. V. 1, 2 e 3. São Paulo: editora FTD, 2010.

YAMAMOTO, K. e FUKU, L. F. **Física para o Ensino Médio**. São Paulo: editora Saraiva, 2010.

ZANOTELLO, M.; ALMEIDA, M. J. P. M. Produção de sentidos e possibilidades de mediação na física do ensino médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n.3, p.437-446, 2007

APÊNDICES

Apêndice 1 - Termo de consentimento livre e esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa: Inserção de Tópicos de Física de Partículas de forma Integrada aos conteúdos tradicionalmente abordados no Ensino Médio

Mestranda: Professora Lisiane Barcellos Calheiro

Orientadora: Professora Doutora Isabel Krey Garcia

Em meu mestrado estou investigando a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Esta pesquisa está de acordo com o novo programa do vestibular da UFSM e como prevêm os Parâmetros Curriculares Nacionais. A presente pesquisa tem como objetivo abordar Física de Partículas integradas aos conteúdos clássicos do terceiro ano do Ensino Médio. Durante a implementação serão utilizadas metodologias diferenciadas.

As pesquisadoras se comprometem a preservar a privacidade dos alunos cujas informações serão coletadas. As informações serão utilizadas única e exclusivamente para a execução do projeto, e somente poderão ser divulgadas de forma anônima. As fotografias, vídeos e gravações ficarão sob a propriedade do grupo de pesquisadores pertinentes ao estudo e sob sua guarda.

Eu, _____ RG _____
_____, permito que a professora Lisiane Barcellos Calheiro, utilize as informações obtidas do aluno (a) _____ para fins de pesquisa científica/ educacional.

Concordo que o material e as informações obtidas possam ser publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos.

Assinatura do Responsável

Apêndice 2 - Primeira UEPS – Integração entre Eletricidade e Partículas Elementares

Objetivos: Facilitar a compreensão dos fenômenos e conceitos básicos de partículas elementares, carga elétrica, processos de eletrização e força elétrica. Identificar, através das atividades da UEPS, se houve aprendizagem significativa.

Sequência:

1. Situação Inicial: Serão propostas três atividades iniciais de ensino com a finalidade de verificar os conhecimentos prévios dos alunos. A primeira atividade será a aplicação de um questionário relacionado aos conceitos que serão abordados nas duas UEPS. Após a análise do questionário pela professora, os alunos elaborarão, em duplas, mapas livres a partir de conceitos retirados do questionário (segunda atividade). Para finalizar a situação inicial, a professora formulará questões a partir dos mapas conceituais que serão discutidas em aula e registradas no diário (terceira atividade). Esta situação inicial terá duração de 3 horas-aula.

2. Situações-problema iniciais: Serão desenvolvidas duas situações-problema com propósito de discutir com os alunos como foram feitas as primeiras descobertas a respeito da constituição do átomo e o uso de modelos para explicar as evidências experimentais. Será proposta, inicialmente, uma questão-chave para primeira situação *“Como descrever o átomo se não podemos observá-lo diretamente?”*, e uma questão-chave para segunda situação *Você já deve ter observado que, algumas vezes, ao descermos do carro e encostarmos-nos à porta levamos um leve choque. Existe alguma relação entre estes fatos citados e a constituição da matéria?*, após as questões serão discutidas pela turma antes da realização das situações.

A primeira situação-problema será uma atividade proposta pelo Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares baseada em observações, utilizando analogias aos princípios que sustentam os aceleradores reais, e empregando princípios explorados no trabalho de Rutherford – Espalhamento de Rutherford. Após desenvolver esta atividade, será apresentado o vídeo <http://www.youtube.com/watch?v=mmAvvx5m6ts> com a demonstração do experimento de Rutherford, junto com algumas questões que serão discutidas pelo grupo.

Na segunda situação-problema, serão exploradas as propriedades elétricas da matéria de forma experimental e investigativa, através de experimentos de eletrização. Após a realização das atividades experimentais, os alunos irão confrontar e discutir as respostas com o grande grupo. Esta etapa terá duração de 3 horas-aula.

3. Aprofundando o conhecimento: Nesta etapa a professora introduzirá os conceitos de átomo, partículas constituinte da matéria, modelos atômicos, próton, nêutron, elétron, carga elétrica, processos de eletrização e eletricidade. Estes conceitos serão apresentados e discutidos no grande grupo durante a apresentação no data show e através de textos. Ao final da atividade os alunos receberão questões envolvendo os conceitos trabalhados, para serem resolvidas em dupla. Esta atividade terá duração de 2 horas-aula.

4. Nova situação-problema: Serão desenvolvidas novas situações-problema com um nível maior de complexidade, com propósito de discutir com os alunos o surgimento das Partículas Elementares e como elas estão organizadas no Modelo Padrão. No início será proposta uma questão-chave, *Será que não existem partículas menores que o próton, nêutron e o elétron? Como elas podem ser detectadas?*, para ser discutida pela turma, antes da realização das situações. Após, será utilizado o filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares” (Abdalla, 2008) como organizador prévio. Na sequência os alunos se reunirão em grupos para responder as questões sobre o assunto e elaborarem um mapa conceitual. Atividade será desenvolvida em 2 horas- aula.

5. Diferenciação progressiva: Os conceitos serão novamente apresentados através do artigo, “Sobre o Discreto Charme das Partículas Elementares” (Abdalla, M., 2005). Nesta atividade a turma lerá o artigo, com a mediação da professora, que no decorrer da leitura destacará alguns pontos relevantes sobre Partículas Elementares, conforme estas forem sendo citadas no artigo. Ao término da leitura e da discussão os alunos a elaborarão uma linha de tempo das diferentes Partículas Elementares. Esta atividade será desenvolvida em 4 horas-aula.

6. Aula integradora final: Serão retomados os conteúdos da UEPS de forma expositiva dialogada com o objetivo de rever os conceitos e relacioná-los. Destacar algumas dificuldades, e a complexidade do Modelo Padrão, relacionar a integração dos conteúdos. Deixar claro que os tópicos da Física Clássica e de FMC se completam e que não são conteúdos isolados. A atividade será desenvolvida em 1 hora-aula.

7. Avaliação somativa individual: Nesta atividade serão propostas questões abertas e fechadas sobre partículas elementares, possibilitando aos alunos expressarem livremente sua compreensão. A avaliação será realizada em 1 hora-aula.

8. Avaliação da Aprendizagem da UEPS: Os alunos elaborarão um mapa conceitual, finalizando as atividades de avaliação da UEPS. Junto com esta atividade final, serão analisadas as observações registradas pela professora no diário de classe e realizada a avaliação somativa individual. Atividades desenvolvidas em 2 horas-aula.

9. Avaliação da UEPS: Será a análise qualitativa sobre as atividades realizadas no desenvolvimento da UEPS, onde se verificará se ocorreu uma progressiva aprendizagem significativa.

Total de aulas: 18 horas-aula.

Referências:

ABDALLA, M. C. B. **Sobre o discreto charme das partículas elementares.** Física na Escola, v. 6, n. 1, p. 38-44, 2005

ABDALLA, M. C. B. **O Discreto Charme das Partículas Elementares.** São Paulo: UNESP, http://www.youtube.com/watch?v=FAISMNkR_WM, 2008.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS.** Aprendizagem Significativa em Revistas/ Meaningful Learning Review – V1(2), pp. 43-63, 2011.

SIQUEIRA, M. e PIETROCOLA, M. **Espalhamento de Rutherford na sala de aula do ensino médio.** A Física na Escola (Online), v. 1, p. 10-12, 2010.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual.** 11ed. – Porto Alegre, 2011.

Apêndice 3 - Questionário para investigar os conhecimentos prévios

Programa de Pós-Graduação
Educação em Ciências
Ufsm

INSTRUMENTO DE PESQUISA 1
Investigação de Concepções Prévias

Estudante: _____ Turma: _____

Prezado Aluno

Este questionário tem por objetivo verificar seus conhecimentos prévios a respeito do tema Física de Partículas, sem a preocupação em testar o seu domínio do conteúdo.

Responda as questões de acordo com suas concepções e experiências.

Questão 1. Marque V (verdadeiro) ou F (falso) no que diz respeito aos conceitos da constituição da matéria (**se não tiver certeza deixe em branco**).

- a. () A matéria é constituída por átomos.
- b. () A matéria é constituída apenas por elétrons e prótons.
- c. () Cada tipo de objeto é formado apenas por um tipo constituinte da matéria.
- d. () A antimatéria é formada por partículas elementares.
- e. () Tudo em nossa volta, os planetas, as estrelas, as árvores, é formado por matéria.
- f. () A antimatéria só existe na ficção e não é encontrada na natureza.
- g. () Toda matéria é composta de léptons e quarks.
- h. () Encontramos antimatéria e matéria na natureza, na mesma proporção.

Questão 2. Atualmente consideramos que o átomo é: (marque apenas uma alternativa) **modificada¹**.

- a. Indivisível e representa a menor porção da matéria.
- b. Uma partícula que faz parte da matéria.
- c. Indivisível composto por partículas elementares.
- d. A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.

Questão 3. Como você define um modelo: (marque apenas uma alternativa)

- a. A ciência descreve a natureza utilizando modelos construídos a partir de hipóteses.
- b. O modelo representa, de forma simplificada, os elementos essenciais de um sistema ou de um fenômeno.
- c. O modelo é uma proposição que enuncia uma relação entre os valores das grandezas que aparecem na descrição de um fenômeno.
- d. O modelo é a descrição real e exata, sem nenhuma idealização da natureza.

Questão 4. O núcleo é composto: (marque apenas uma alternativa)

- a. Apenas por prótons

- b. Apenas por nêutrons
- c. Por prótons e nêutrons
- d. Prótons, nêutrons e elétrons

Questão 5. Descreva, com suas palavras, como você definiria FORÇA e como seria possível representá-la num desenho.

Questão 6. Ao longo da história da ciência, diversos modelos atômicos foram propostos até chegarmos ao modelo atual. Abaixo estão descritos alguns destes modelos. Relacione os modelos atômicos com os respectivos cientistas que os propuseram. Se souber faça o desenho correspondente.

- a) Dalton () Propôs um modelo planetário, com um centro muito pequeno, onde se concentrava toda a carga positiva e praticamente toda a massa do átomo, em torno do qual orbitavam os elétrons.
- b) Thomson () Considerava os átomos como partículas maciças, indestrutíveis e intransformáveis, ou seja, não seriam alterados pelas reações químicas.
- c) Rutherford () Em seu modelo os elétrons estão distribuídos em níveis de energia que são característicos para cada elemento. Ao absorver energia, um elétron pode saltar para outro nível e depois voltar a seu nível original. Os prótons e os nêutrons estão no núcleo atômico.
- d) Bohr () Considerava o átomo como “pudim de passas”, admitia que o átomo fosse uma esfera com carga positiva distribuída fazendo papel das passas, ficavam distribuídos dentro dessa “massa positiva” permeável.

Questão 7 ². Considerando a teoria atômica em que toda a matéria é constituída por átomos, vários modelos foram construídos para representá-los, desde o modelo de Dalton no século XIX até o modelo de Bohr no século XX. Assim, estudamos nas aulas de Química os modelos de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr. Com relação aos modelos atômicos e a existência dos átomos é correto afirmar que: (marque apenas uma alternativa).

- a. A impossibilidade de ver um átomo demonstra que ele e seus modelos são elementos teóricos construídos para explicar alguns conteúdos científicos.
- b. A ideia da existência dos átomos é uma hipótese que foi criada para possibilitar as explicações das reações químicas que ocorrem na matéria.
- c. Sendo os átomos partículas inobserváveis a função dos modelos atômicos é representar o átomo para possibilitar as explicações das ligações químicas.
- d. Os modelos atômicos representam os átomos que constituem os seres vivos e não vivos, possibilitando o entendimento da estrutura da matéria.

- e. As microscópicas dimensões do átomo impossibilitam a realização de testes para validar um modelo atômico definitivamente.

Questão 8. Você já ouviu falar sobre partículas elementares? Caso sim, o que você entende por partículas elementares: (marque apenas uma alternativa)

- O próton é um exemplo de partícula elementar.
- São partículas divisíveis.
- Partículas indivisíveis que não são compostas de nenhuma outra.
- É o mesmo que um átomo.

Questão9. Você já ouviu falar de antipartícula? E antimatéria? Escreva o que você sabe.

Questão10. Como podem ser observadas e detectadas as partículas elementares: (marque apenas uma alternativa) Modificada¹

- Microscópio
- Observação direta na Natureza (olho nu)
- Telescópios especiais
- Em laboratórios especializados, como o CERN, na Suíça.

Questão 11. Marque as partículas que você já estudou, leu ou ouviu falar na mídia em geral.

- | | | |
|----------------|-------------|------------------------|
| a. () prótons | () estudou | () leu ou ouviu falar |
| b.() elétrons | () estudou | () leu ou ouviu falar |
| c.() bóson | () estudou | () leu ou ouviu falar |
| d.() quarks | () estudou | () leu ou ouviu falar |
| e.() léptons | () estudou | () leu ou ouviu falar |
| f.() neutrino | () estudou | () leu ou ouviu falar |
| g.() fótons | () estudou | () leu ou ouviu falar |
| h.() mésons | () estudou | () leu ou ouviu falar |

Questão 12. Assinale abaixo o tipo de força que você conhece.

- Força de atrito.
- Reação normal de apoio.
- Força aplicada por um fio.
- Peso de um corpo.
- Força elétrica
- Força magnética
- Força de atração entre dois prótons no núcleo de um átomo.
- Força envolvida na emissão de um elétron pelo núcleo de um átomo.
- Força eletromagnética

Agradecemos sua colaboração
Prof^ª Lisiane Barcellos Calheiro – Mestranda
Isabel Krey Garcia – Prof^ª Orientadora

Referências.

¹ PINHEIRO, L. A **Partículas Elementares e Interações Fundamentais no Ensino Médio..** Dissertação de mestrado, Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2011.

² MELO, L. S. A. **Física Moderna e Contemporânea: uma proposta do uso de seminários no ensino médio em busca de uma aprendizagem significativa da constituição atômica da matéria.** Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2011.

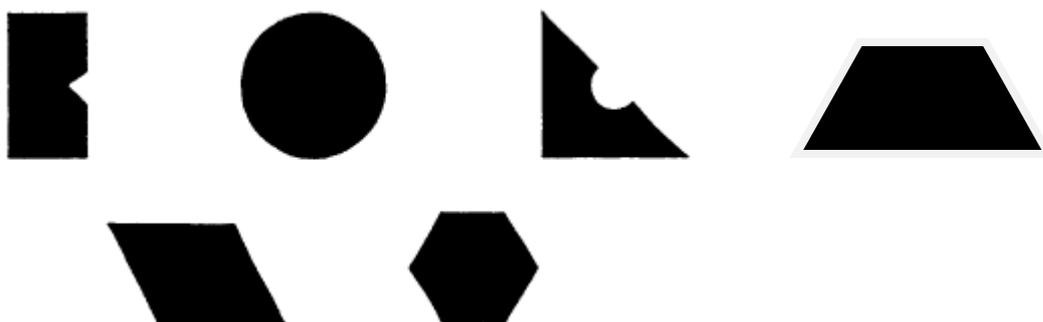
Apêndice 4 - Atividade “ O Espalhamento de Rutherford” – adaptado

Nesta atividade os alunos realizarão uma experiência prática de "observar" objetos que não podem ser vistos. Empregando os princípios que sustentam os experimentos com aceleradores reais, os alunos tentarão descrever, de maneira precisa, as características destes objetos que não podem ser vistos, reproduzindo as dificuldades que os físicos de partículas enfrentam no estudo de partículas desconhecidas.

Os alunos serão desafiados a identificar a forma de um objeto, escondido de baixo de um tampo de madeira, jogando esferas (projéteis) contra esse objeto e observando as trajetórias defletidas das esferas.

Materiais (para seis grupos de estudantes):

- Seis pedaços de isopor ou madeira (de aproximadamente 20cmx20cmx2cm), dos quais se recortam figuras planas com as seguintes formas:



- Seis tampos de madeira (de aproximadamente 40x30 cm).

- Papel para desenho, lápis ou canetas e esferas (bolinhas de gude) de vários tamanhos

Procedimento

Coloque uma figura sob cada tampo de madeira, em mesas individuais, de tal modo que não sejam visíveis para os alunos.

Divida a turma em seis grupos de alunos. Estipule o tempo de dez minutos para que cada grupo tente identificar a forma da figura que está sob o tampo de madeira. Após 10 minutos, fazer com que cada grupo se mova até a mesa seguinte, para repetir a atividade com as outras figuras e complete o quadro abaixo.

Roteiro

Em cada mesa será colocada uma figura plana sob o tampo de madeira (figura 1).

O grupo deverá identificar a forma da figura sem vê-la. Para identificá-la você deverá jogar esfera (bolinhas de gude) contra o objeto escondido, e observar a deflexão que se produz na trajetória das esferas depois de se chocarem com a figura.

Coloque um pedaço de papel sobre o tampo de madeira para esboçar a trajetória das bolinhas. Logo depois, analise as trajetórias obtidas para determinar a forma efetiva do objeto.

Faça um pequeno desenho das figuras que o grupo analisou no quadro abaixo e responda as questões:

Grupos	Figura dos grupos	Figura identificada	Figura identificada
01			
02			
03			
04			
05			
06			

Questões:

1. Você pode determinar o tamanho e a forma do objeto?
2. Como poderia saber se as figuras têm detalhes em sua forma, que são pequenos comparados com o tamanho das bolinhas?
3. Como você pode confirmar suas conclusões sem olhar o objeto?

Ao término da aula, e antes de fazer as considerações finais, será exibido um vídeo com o experimento Rutherford. Durante o vídeo serão lançadas as seguintes questões.

O que irá acontecer com as partículas alfas quando colidirem com a folha de ouro?

Qual seria o resultado da trajetória esperado por Rutherford?

Por que apareceram algumas marcas de partículas atrás da folha?

Que conclusão você pode chegar após assistir o vídeo do experimento Rutherford ?

Quais seriam as semelhanças entre a atividade desenvolvida e o vídeo?

Referência: SIQUEIRA, M. e PIETROCOLA, M. **Espalhamento de Rutherford na sala de aula do ensino médio**. A Física na Escola (Online), v. 11, n.2, p. 09-11, 2010.

Apêndice 5 - Atividade Experimental – Processos de Eletrização

Nesta atividade os alunos realizarão uma atividade experimental e identificarão os processos de eletrização e sua relação com a constituição da matéria. Após a atividade, será feita uma discussão com a explicação do que aconteceu em cada experimento.

Materiais Utilizados

- Papel picado (confete)
- Canudo de refrigerante
- Bolinhas de alumínio
- Vidro
- Caneta
- Pedaco de lã ou seda, guardanapo de papel
- Palitos de madeira
- Balões

Procedimentos

Monte os experimentos conforme as especificações de cada etapa e responda as questões.

1º Experimento

Pegue um dos materiais de cada vez (caneta ou régua) e responda o item 1, após execute o experimento e responda o item 2, para cada atividade.

1. Coloque um do lado do outro;

O que você acha que acontece?	O que aconteceu? Explique

2. Atrite-o contra o tecido ou cabelo e aproxime-o do papel picado.

O que você acha que acontece?	O que aconteceu? Explique

2º Experimento

Pegue os palitos de madeira, atrite-o contra o tecido e aproxime-o do papel picado.

O que você acha que acontece?	O que aconteceu? Explique

--	--

3° Experimento

Pegue o canudo e esfregue no pedaço de lã e depois coloque- o junto ao quadro.

O que você acha que acontece?	O que aconteceu? Explique

4° Experimento

Encha um balão e amarre-o, esfregue-o na cabeça de um colega que esteja com os cabelos soltos.

O que você acha que acontece?	O que aconteceu? Explique

5° Experimento

Monte um pêndulo com os canudos (figura1), em seguida aproxime as pontas dos canudos.

O que você acha que acontece?	O que aconteceu? Explique

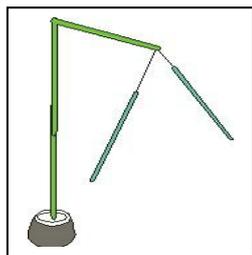
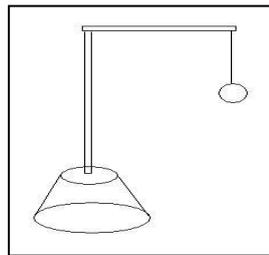
Com o mesmo pêndulo esfregue ambos os canudos com o guardanapo e aproxime os canudos, sem encostar as pontas.

O que você acha que acontece?	O que aconteceu? Explique

6° Experimento

Monte o segundo pêndulo com a bolinha de alumínio na ponta (figura 2), esfregue o canudo e aproxime da bolinha, depois encoste na bolinha.

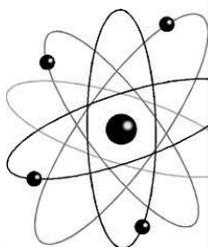
O que você acha que acontece?	O que aconteceu? Explique

Figura 1¹Figura 2²

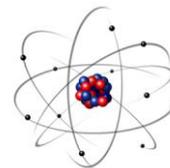
^{1 e 2} <http://www.colegioweb.com.br/trabalhos-escolares/fisica/tv-fisica/eletroscopio.html>

Apêndice 6 – Slides com as aulas da primeira UEPS referente a atividade Aprofundando o Conhecimento.

- **Átomo**
- **Modelos Atômicos**
- **Carga Elétrica**
- **Processos de Eletrização**
- **Partícula Elementar**



Qual é o significado da palavra **ÁTOMO** ?



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

Átomo: é a menor parte de um elemento químico que mantém suas características. Num modelo simplificado é composto por partículas chamadas prótons (p+), nêutrons (n) e elétrons (e-).

O que a ciência define por **MODELO** ?

- A ciência constrói representações do mundo. Os elementos básicos dessas representações são os modelos.¹
- Um modelo é uma imagem mental simplificada e idealizada, que permite representar, com maior ou menor precisão, o comportamento de um sistema.¹

¹<http://coral.ufsm.br/gef/Dinamica/dinami04.pdf>

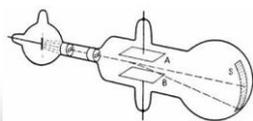
Modelo Atômico de Dalton

Toda a matéria é formada de átomos, esferas extremamente pequenas, maciças, homogêneas, indivisíveis e indestrutíveis.



Modelo atômico de Thomson

Descoberta do elétron (1897) ⇒ queda do status de elementar do átomo

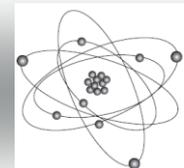
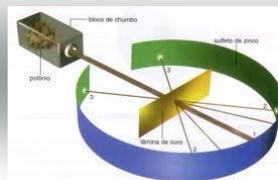


Átomo era composto de uma carga positiva, distribuída em uma esfera, impregnadas de elétrons que vibravam, garantindo assim a neutralidade. “Modelo do Pudim de Passas”



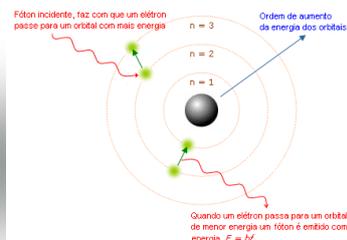
Modelo atômico de Rutherford

Em 1911, Rutherford apresentou ao mundo o seu modelo atômico, concluindo que o átomo possui um grande espaço vazio, onde estão os elétrons (eletrosfera), e um **núcleo**, que possui carga elétrica positiva.



Modelo atômico de Bhor

A teoria atômica de Bohr foi publicada entre 1913 e 1915.



Modelo atômico de Bhor

- O modelo de Bohr foi uma tentativa de aplicar as idéias de quantização de Planck e Einstein ao modelo nuclear de Rutherford. Para tanto, Bohr fixou o referencial no núcleo atômico e fez as hipóteses que se seguem:
- O movimento do elétron ao redor do núcleo atômico é descrito pelas leis de Newton.
- O elétron pode ocupar apenas certas órbitas especiais ao redor do núcleo. Estas órbitas especiais são determinadas impondo, como condição, que o momento angular do elétron ao redor do núcleo só pode ter valores que são múltiplos inteiros da constante de Planck dividida por 2π .

- Essas órbitas especiais são órbitas estacionárias. Isto significa que, quando o elétron ocupa uma delas, ele não emite radiação eletromagnética. Os estados atômicos correspondentes são estados estacionários.

- O átomo pode passar de um estado estacionário para outro por emissão ou absorção de radiação eletromagnética com frequência dada por:

$\nu = |\Delta E| / h$ em que $|\Delta E|$ é o módulo da diferença de energia entre os estados estacionários.

CONTRIBUIÇÕES PARA OS MODELOS

- Arnold Sommerfeld
- Louis de Broglie
- Werner Heisenberg
- Erwin Schrödinger

Física de Partículas

Estuda os constituintes básicos da matéria

Partícula Elementar/ Fundamental

- Matéria constituída por átomos e moléculas.
- Partícula elementar
 - Conceito relativo
 - não podem ser divididas
 - não apresentam estrutura
 - constituintes básicos da matéria
 - O elétron é uma partícula elementar?

Algumas Propriedades Partícula Elementar

- Carga - propriedade que torna as partículas sensíveis à interação eletromagnética.
- Massa - propriedade que torna as partículas sensíveis à interação gravitacional.
- Spin – propriedade que descreve o estado de rotação das partículas em torno do seu próprio eixo.

Como estudar partículas ?

Carga Elétrica

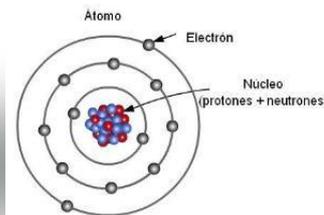
- Átomo formado por partículas ainda menores: PRÓTONS, ELÉTRONS E NEUTRÔNS
- Prótons e elétrons apresentam uma propriedade física CARGA ELÉTRICA.
- CARGA ELÉTRICA do próton e do elétron tem a mesma intensidade e sinais opostos.

Por Convenção:

Os prótons tem carga elétrica positiva

Os elétrons tem carga elétrica negativa

A carga do elétron é chamada de carga elementar em módulo vale $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.



Unidade de medida de carga elétrica é o Coulomb (C).

Princípio da atração e repulsão

Cargas elétricas de mesmo sinal se repelem;

- Cargas elétricas de sinais opostos se atraem.

Princípio da conservação das cargas

- Num sistema eletricamente isolado, a soma algébrica das quantidades de cargas positivas e negativas é constante.

Condutores e isolantes

Condutores elétricos

Meios materiais nos quais os elétrons movimentam-se com facilidade

Isolantes elétricos ou dielétricos

Meios materiais nos quais os elétrons não têm facilidade de movimentação.

Carga Elétrica é Quantizada

Quando um corpo apresenta uma falta ou um excesso de elétrons, ele adquire uma carga elétrica Q , que é sempre um número inteiro n de elétrons, de modo que:

$$Q = n \cdot e \text{ sendo } n \text{ um numero inteiro.}$$

Portanto, um corpo pode ser:

- eletrizado positivamente: falta de elétrons $Q = + n \cdot e$
- eletrizado negativamente: excesso de elétrons $Q = - n \cdot e$

Processos de Eletrização

A eletrização de um corpo inicialmente neutro pode ocorrer de três maneiras:

Eletrização por atrito

Eletrização por contato

Eletrização por indução

•

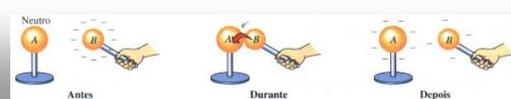
Atrito

Na eletrização por atrito, os dois corpos adquirem a mesma quantidade de cargas, porém de sinais contrários.

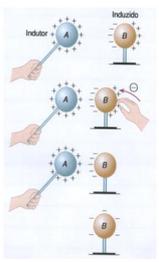


Contato

Os condutores adquirem cargas de mesmo sinal. Se os condutores tiverem mesma forma e mesmas dimensões, a carga final será igual para os dois e dada pela média aritmética das cargas iniciais.



Indução



A eletrização de um condutor neutro pode ocorrer por simples aproximação de um outro corpo eletrizado, sem que haja o contato entre eles.

No processo da indução eletrostática, o corpo induzido será eletrizado sempre com cargas de sinal contrário ao das cargas do indutor.

Lei de Coulomb

A intensidade da força elétrica é diretamente proporcional ao produto das cargas elétricas.

→ A intensidade da força elétrica é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os corpos.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

F → Força elétrica (N)

Q1 e Q2 → Cargas elétricas(C)

d → Distância (m)

K=9,0.109 Nm²/C²

Referências

- <http://coral.ufsm.br/gef/Moderna/moderna08.pdf>
- <http://coral.ufsm.br/gef/Dinamica/dinami04.pdf>
- <http://www.infoescola.com/eletrostatica/eletrizacao/>
- Moreira, M.A. Física de Partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica. 2011.
- De Boni & Goldani Introdução clássica à química geral grupo tchê química
- Maria Cristina Batoni Abdalla; O Discreto Charme das Partículas Elementares, Editora da UNESP, 2006
- Eisberg e Resnick, Física Quântica, Editora Campus,1979
- Marques, G. C., Do que tudo é feito?, 2010

Apêndice 7 – Exercícios (questões adaptadas de livros e vestibulares)**EXERCÍCIOS – MODELOS ATÔMICOS/ PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO**

1. (PUC) O átomo, na visão de Thomson, é constituído de:

- a) níveis e subníveis de energia
- b) cargas positivas e negativas
- c) núcleo e eletrosfera
- d) grandes espaços vazios
- e) orbital

2. Na experiência de espalhamento de partículas alfa, conhecida como “experiência de Rutherford”, um feixe de partículas alfa foi dirigido contra uma lâmina finíssima de ouro, e os experimentadores (Geiger e Marsden) observaram que um grande número dessas partículas atravessava a lâmina sem sofrer desvios, mas que um pequeno número sofria desvios muito acentuados. Esse resultado levou Rutherford a modificar o modelo atômico de Thomson, propondo a existência de um núcleo de carga positiva, de tamanho reduzido, e com praticamente toda massa do átomo.

Assinale a alternativa que apresenta o resultado que era previsto para o experimento de acordo com o modelo de Thomson.

- a) A maioria das partículas atravessaria a lâmina de ouro sem sofrer desvios e um pequeno número sofreria desvios muito pequenos.
- b) A maioria das partículas sofreria grandes desvios ao atravessar a lâmina.
- c) A totalidade das partículas atravessaria a lâmina de ouro sem sofrer nenhum desvio.
- d) A totalidade das partículas ricochetearia ao se chocarem contra a lâmina de ouro, sem conseguir atravessá-la.
- e) Os elétrons giram em torno do núcleo juntamente com os nêutrons.

3. Rutherford, ao fazer incidir partículas radioativas em lâmina metálica de ouro, observou que a maioria das partículas atravessavam a lâmina, algumas desviavam e poucas refletiam. Assinale, dentre as afirmações a seguir, aquela que não reflete as conclusões de Rutherford sobre o átomo:

- a) Os átomos são esferas maciças e indestrutíveis.
- b) No átomo, há grandes espaços vazios.
- c) No centro do átomo, existe um núcleo pequeno e denso.
- d) O núcleo do átomo tem carga positiva.
- e) Os elétrons giram ao redor do núcleo para equilibrar a carga positiva.

4. No decorrer do tempo, diferentes modelos foram propostos e aplicados ao estudo da estrutura do átomo. Interpretações consistentes com as ideias básicas desses modelos, permitem afirmar que:

- a) A experiência de Rutherford sugere que prótons e elétrons estão distribuídos uniformemente no interior do átomo.
- b) Segundo um dos postulados de Bohr o elétron movimenta-se ao redor do núcleo em órbitas circulares.
- c) No modelo atômico atual, os elétrons têm caráter corpuscular e de onda, simultaneamente.
- d) A realização de experiências com descargas elétricas, em tubo de vidro fechado que contém gás a baixa pressão, produz os raios catódicos. Esses raios são constituídos por um feixe de prótons.

5.(UFRGS) A experiência de Rutherford (1911-1913), na qual uma lâmina delgada de ouro foi bombardeada com um feixe de partículas, levou à conclusão de que:

- a) a carga positiva do átomo está uniformemente distribuída no seu volume.
- b) a massa do átomo está uniformemente distribuída no seu volume.
- c) a carga negativa do átomo está concentrada em um núcleo muito pequeno.
- d) a carga positiva e quase toda a massa do átomo estão concentradas em um núcleo muito pequeno.
- e) os elétrons, dentro do átomo, movem-se somente em certas órbitas, correspondentes a valores bem definidos de energia.

6. (UFSM) Considere as afirmativas:

I. O átomo é maciço e indivisível.

II. O átomo é um grande vazio com um núcleo muito pequeno,denso e positivo no centro.

I e II pertencem aos modelos atômicos propostos,

respectivamente, por:

- a) Dalton e Thomson.
- b) Rutherford e Bohr.
- c) Dalton e Rutherford.
- d) Bohr e Thomson.
- e) Thomson e Rutherford.

7) (UFSM) Uma esfera de isopor de um pêndulo elétrico é atraída por um corpo carregado eletricamente. Afirma-se, então, que:

I- O corpo está carregado necessariamente com cargas positivas.

II- A esfera pode estar neutra.

III- A esfera está carregada necessariamente com cargas negativas.

Está(ão) correta(s):

- a) apenas I
- b) apenas II
- c) apenas III
- d) apenas I e II
- e) apenas I e III

8) (UFSM) Um bastão de vidro, depois de atritado, eletriza-se positivamente e atrai pequenas sementes eletricamente neutras, próximas a ele. Pode-se concluir que as sementes são:

- a) condutores perfeitos
- b) isolantes perfeitos
- c) eletrizadas por contato
- d) eletrizadas por indução
- e) eletrizadas por irradiação

9) (PEIES) O princípio da conservação da carga elétrica estabelece que:

a)cargas elétricas de mesmo sinal se repelem

b)cargas elétricas de sinais opostos se atraem

c)a soma das cargas elétricas é constante em um sistema eletricamente isolado

d)a soma das cargas elétricas positivas e negativas é diferente de zero em um sistema eletricamente neutro

e)os elétrons livres se conservam

10) (UFSM) Considere as seguintes afirmativas:

I- Um corpo não-eletrizado possui um número de prótons igual ao número de elétrons.

II- Se um corpo não-eletrizado perde elétrons, passa a estar positivamente, eletrizado e, se ganha elétrons,negativamente eletrizado.

III- Isolantes ou dielétricos são substâncias que não podem ser eletrizadas.

Está(ão) correta(s):

- a) apenas I e II
- b) apenas II
- c) apenas III
- d) apenas I e III
- e) I, II e I

Apêndice 8 – Roteiro e questões sobre o filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”

I – Atividade com organizador prévio – Filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares.

Objetivo: Com o objetivo de apresentar as partículas elementares em um grau maior de complexidade foi proposto um filme como organizador prévio de forma a ancorar os conceitos iniciais estudados até o momento com conceitos mais específicos apresentado no filme que fazem parte dos tópicos a serem estudados na implementação das duas UEPS.

1ª Parte: os alunos individualmente responderam a questão-chave e entregaram a professora.

2ª Parte: Separar as duplas para assistir o filme.

3ª Parte: Ao término do filme as duplas receberam algumas questões para responderem. Após os alunos juntamente com a mediação da professora discutiram as questões e a questão-chave.

4ª Parte: Os alunos em duplas, as mesmas formadas no início das atividades, receberam os mapas livres elaborados na situação inicial e a partir do filme e discussões elaboraram na sala de informática com o programa cmaptools mapas conceituais, que foram salvos num arquivo para professora avaliá-los.

II – Questões sobre o filme.

1. De acordo com o filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares” responda as questões abaixo.

- a) A partir do desenvolvimento do filme como você definiria as Partículas Elementares?
- b) No filme qual a primeira Partícula Elementar apresentada?
- c) A partir das discussões estabelecidas no filme como podemos definir antipartícula? E antimatéria?
- d) Podemos considerar os prótons e nêutrons como partículas elementares?
- e) De acordo com o filme como você explicaria o Modelo Padrão.
- f) De acordo com o filme existem partículas menores que o próton, nêutron e o elétron? Como elas podem ser detectadas?
- g) Qual a importância das partículas Elementares no nosso cotidiano?
- h) Quais seriam as contribuições do LHC para a sociedade

Apêndice 9 - Avaliação somativa individual

Escola Estadual de Educação Básica Augusto Ruschi
Avaliação de Física – 2º Trimestre – Professora Lisiane

Nome: _____ Turma: _____ Data: _____

Valor: 10 Nota: _____

OBS.: Respostas à caneta. Rasuras serão descontadas. Todos os cálculos devem ser apresentados.

QUESTÃO 1 - Dada as situações A e B relacione-as com os processos de eletrização e responda as questões abaixo.

Situação A – Um estudante de física, curioso, aproxima um corpo eletrizado com cargas positivas de um bloco condutor em forma de paralelepípedo, sem tocar. Na presença do corpo eletrizado, ele aterra rapidamente a extremidade oposta do bloco, desfazendo essa ligação logo em seguida. Posteriormente, ele afasta o corpo eletrizado do bloco.

- 4 Desenhe as situações proposta na situação A.
- 5 Qual a situação final do bloco em relação às cargas elétricas?
- 6 Como se chama esse processo de eletrização?

Situação B – Em uma aula prática de física, a professora levou alguns materiais para atividade de eletrização: um pêndulo, um canudo e um guardanapo de papel para cada grupo de alunos. Pediu que os alunos realizassem as seguintes etapas:

1º Esfregue o canudo com o guardanapo e aproxime-o da parte metálica do pêndulo. O que acontece? Descreva e desenhe a situação.

2º Após, encoste o canudo no pêndulo. Explique o que acontece.

Quais os processos de eletrização verificados na aula prática? Identifique-os em cada etapa.

QUESTÃO 2 – Descreva os modelos atômicos estudados e represente-os através de desenhos.

QUESTÃO 3 – Faça um esquema da relação entre os tópicos partícula elementar, antipartícula e modelo padrão.

QUESTÃO 4 – Quando uma lâmpada é acesa 400 trilhões de elétrons atravessam seu filamento em 20 microssegundos. Sabendo-se que a carga de cada elétron é $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$, determine a intensidade da corrente elétrica através desse filamento.

QUESTÃO 5 – Dispõe-se de quatro cargas metálicas idênticas e isoladas uma da outra. Três delas A, B e C, estão descarregadas, enquanto a quarta esfera, D, contém carga negativa Q. Faz-se a esfera D tocar, sucessivamente, as esferas A, B, e C. Desenhe as situações descritas e determine a carga elétrica final da carga D.

Apêndice 10 - Questionário final para comparar algumas mudanças nas concepções prévias

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

QUESTIONÁRIO FINAL SOBRE FÍSICA DE PARTÍCULAS

Nome: _____ Turma: _____

Questão 1. Marque V (verdadeiro) ou F (falso) no que diz respeito aos conceitos da constituição da matéria.

- a. () A matéria é constituída por átomos.
- b. () A matéria é constituída apenas por elétrons e prótons.
- c. () Cada tipo de objeto é formado apenas por um tipo constituinte da matéria.
- d. () A antimatéria é formada por partículas elementares.
- e. () Tudo em nossa volta, os planetas, as estrelas, as árvores, é formado por matéria.
- f. () A antimatéria só existe na ficção e não é encontrada na natureza.
- g. () Toda matéria é composta de léptons e quarks.
- h. () Encontramos antimatéria e matéria na natureza, na mesma proporção.

Questão 2. Atualmente consideramos que o átomo é: (marque apenas uma alternativa)

- a. Indivisível e representa a menor porção da matéria.
- b. Uma partícula que faz parte da matéria.
- c. Indivisível composto por partículas elementares.
- d. A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.

Questão 3. Como você define um modelo: (marque apenas uma alternativa)

- a. A ciência descreve a natureza utilizando modelos construídos a partir de hipóteses.
- b. O modelo representa, de forma simplificada, os elementos essenciais de um sistema ou de um fenômeno.
- c. O modelo é uma proposição que enuncia uma relação entre os valores das grandezas que aparecem na descrição de um fenômeno.
- d. O modelo é a descrição real e exata, sem nenhuma idealização da natureza.

Questão 4. O núcleo é composto: (marque apenas uma alternativa)

- a. Apenas por prótons
- b. Apenas por nêutrons
- c. Por prótons e nêutrons
- d. Prótons, nêutrons e elétrons

Questão 5. Ao longo da história da ciência, diversos modelos atômicos foram propostos até chegarmos ao modelo atual. Relacione os modelos atômicos abaixo: Se souber, faça o desenho correspondente. Se souber faça o desenho correspondente.

- a) Dalton () Propôs um modelo planetário, com um centro muito pequeno,

- onde se concentrava toda a carga positiva e praticamente toda a massa do átomo, em torno do qual orbitavam os elétrons.
- b) Thomson () Considerava os átomos como partículas maciças, indestrutíveis e intransformáveis, ou seja, não seriam alterados pelas reações químicas.
- c) Rutherford () Em seu modelo os elétrons estão distribuídos em níveis de energia que são característicos para cada elemento. Ao absorver energia, um elétron pode saltar para outro nível e depois voltar a seu nível original. Os prótons e os nêutrons estão no núcleo atômico.
- d) Bohr () Considerava o átomo como “pudim de passas”, admitia que o átomo fosse uma esfera com carga positiva distribuída fazendo papel das passas, ficavam distribuídos dentro dessa “massa positiva” permeável.

Questão 6. Considerando a teoria atômica em que toda a matéria é constituída por átomos, vários modelos foram construídos para representá-los, desde o modelo de Dalton no século XIX até o modelo de Bohr no século XX. Assim, estudamos nas aulas de Química os modelos de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr. Com relação aos modelos atômicos e a existência dos átomos é correto afirmar que: (marque apenas uma alternativa)

- A impossibilidade de ver um átomo demonstra que ele e seus modelos são elementos teóricos construídos para explicar alguns conteúdos científicos.
- A ideia da existência dos átomos é uma hipótese que foi criada para possibilitar as explicações das reações químicas que ocorrem na matéria.
- Sendo os átomos partículas inobserváveis a função dos modelos atômicos é representar o átomo para possibilitar as explicações das ligações químicas.
- Os modelos atômicos representam os átomos que constituem os seres vivos e não vivos, possibilitando o entendimento da estrutura da matéria.
- As microscópicas dimensões do átomo impossibilitam a realização de testes para validar um modelo atômico definitivamente

Questão 7. Você já ouviu falar sobre partículas elementares? Caso sim, o que você entende por partículas elementares: (marque apenas uma alternativa)

- O próton é um exemplo de partícula elementar.
- São partículas divisíveis.
- Partículas indivisíveis que não são compostas de nenhuma outra.
- É o mesmo que um átomo.

Questão 8. Você já ouviu falar de antipartículas e antimatéria? Escreva o que você sabe. _____

Questão 9. Como podem ser observadas e detectadas as partículas elementares: (marque apenas uma alternativa)

- Microscópio
- Observação direta na Natureza (olho nu)
- Telescópios especiais
- Em laboratórios especializados, como o CERN, na Suíça.

Questão 10. Como podemos descrever o átomo se não podemos vê-lo ou senti-lo.

Questão11. Como você explicaria o fato de às vezes tomar um choque ao sair do carro? Que relação existe com a matéria? Escreva os processos envolvidos no fenômeno.

Referências.

¹ PINHEIRO, L. A **Partículas Elementares e Interações Fundamentais no Ensino Médio..** Dissertação de mestrado, Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2011.

² MELO, L. S. A. **Física Moderna e Contemporânea: uma proposta do uso de seminários no ensino médio em busca de uma aprendizagem significativa da constituição atômica da matéria.** Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2011.

Apêndice 11- Segunda UEPS – Interações Fundamentais /Campos Elétrico e Magnético

Objetivos: Facilitar a compreensão dos fenômenos e conceitos básicos das interações fundamentais e dos conceitos de campo elétrico e magnético. Identificar através da UEPS se houve aprendizagem significativa.

Conceitos – Interações fundamentais, campo magnético, campo elétrico, modelo padrão e propriedades magnéticas.

Sequência:

1. Situação inicial – Foram propostas duas atividades iniciais com o objetivo de verificar as concepções dos alunos sobre os conceitos de força e interação.

Atividade 1 – “Interagindo com as imagens”. A primeira atividade teve com objetivo investigar os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva dos estudantes, relacionados aos conceitos de força e interação. Foi entregue a cada dupla uma folha contendo figuras com representações de tipos de forças e interações para que os alunos as observassem e, posteriormente, relatassem suas observações, as quais foram entregues à professora - (1 hora-aula).

Atividade 2 – Nesta atividade as figuras foram novamente apresentadas, através de *slides*, para discussão com o grande grupo. Após, os alunos, em duplas, elaboraram mapas conceituais relacionando os conceitos verificados nas imagens - (1 hora-aula).

2. Situação-problema inicial – desenvolvemos uma situação-problema com o propósito de discutir com os alunos o conceito de campo. Foram realizadas atividades experimentais demonstrativas relacionadas aos conceitos de campo. Primeiro, apresentamos aos alunos uma questão-chave envolvendo a ideia de campo gravitacional para debate no grupo. Após, a professora apresentou as atividades experimentais.

Questão-chave – Como você explica o fato da lua e os satélites artificiais se manterem em órbita ao redor da terra e não colidirem?

Atividade 1 – “Construindo a ideia de campo” – Esta atividade foi desmembrada em quatro experimentos, demonstrados e mediados pela professora. Foram entregues para cada dupla de alunos, questões relacionadas às atividade, que foram respondidas a medida em que os experimentos eram apresentados. Nesta etapa os alunos foram construindo o conceito de campo, com a mediação da professora. Estas atividades experimentais tiveram como objetivo demonstrar a forma como os corpos interagem, bem como verificar as propriedades eletromagnéticas - (2 horas aula).

Experimento 1 – Campo gravitacional e elétrico – identificar a massa e a carga elétrica como fontes dos campos gravitacionais e elétricos, respectivamente.

Experimento 2 – Campo elétrico – visualizar a existência do campo elétrico e suas características através das linhas de campo. A configuração do campo elétrico é obtida através da diferença de potencial de 10V aplicada em dois eletrodos numa cuba de vidro com água.

Experimento 3 – Campo magnético – discutir as propriedades dos ímãs e visualizar a existência do campo magnético e suas características através das linhas de campo.

Experimento 04 - Experiência de Oersted – analisar o efeito magnético de uma corrente elétrica que percorre um fio condutor, conforme proposto por Oersted.

3. Aprofundando o conhecimento – trabalhamos os conceitos de força, interação, propriedades magnéticas, campo elétrico, linhas de campo, campo magnético e eletromagnetismo. Os conteúdos foram apresentados através de *slides*. Após os alunos, em dupla, elaboraram um mapa conceitual - (2 aulas-hora).

4. Nova situação-problema – nesta sequência foi apresentada nova situação-problema, relacionada aos conceitos de interação, mediados por troca de partículas. Utilizamos como questão-chave a analogia, com o objetivo de fazer relações do conhecimento prévio do aluno com o conceito de interação como troca de partículas mediadoras. Após as discussões foi feita, com a mediação da professora, a leitura de tópicos de um artigo científico - (1 hora-aula).

Questão-chave: Imagine a seguinte situação: Uma comitiva de *aliens* veio ao nosso planeta para estudar os nossos costumes. Entre estes costumes estava a partida de futebol. Só que estes seres extraterrestres, devido a sua estrutura visual, não conseguiam ver os objetos de cor branca e preta. Então no jogo de futebol, não conseguiam ver a bola. Durante o jogo eles viam os jogadores se movendo e fazendo gestos, , dando a entender que trocavam entre si algum tipo de objeto. Eles também podiam ver que em determinados momentos, que a rede se mexia, e havia uma grande comoção na torcida. Também perceberam que nesta ocasião a rede adquiria um formato arredondado. Estes seres observaram muitos jogos e faziam várias anotações na tentativa de entendê-lo. Ao final das observações e depois das análises de suas anotações , perceberam que toda a movimentação dos jogadores adquiria sentido se eles estivesse trocando entre si um objeto, e que este objeto deveria ter um forma arredondada. Todas essas conclusões foram tiradas sem que os *aliens* pudessem efetivamente ver a bola. (KREY, 2009, p. 65)

5. Diferenciação progressiva – neste passo foi apresentada nova situação-problema, relacionada aos conceitos de interação, mediados por troca de partículas. Utilizamos parte de um artigo científico para apresentar as partículas mediadoras e finalizamos apresentando um pôster do modelo padrão. As discussões foram feitas com a mediação da professora, durante a leitura de tópicos do artigo - (1 hora-aula).

Leitura do artigo – após a discussão da analogia foi apresentado aos alunos parte do artigo científico “O Modelo Padrão da Física de Partículas” Moreira (2009). Durante a leitura mediada pela professora, os alunos foram fazendo anotações relacionando os conteúdos já estudados e os novos que estavam sendo apresentados no texto. A partir desse quadro de conceitos os alunos, em duplas, elaboraram um mapa conceitual integrando os conceitos estudados nas duas UEPS.

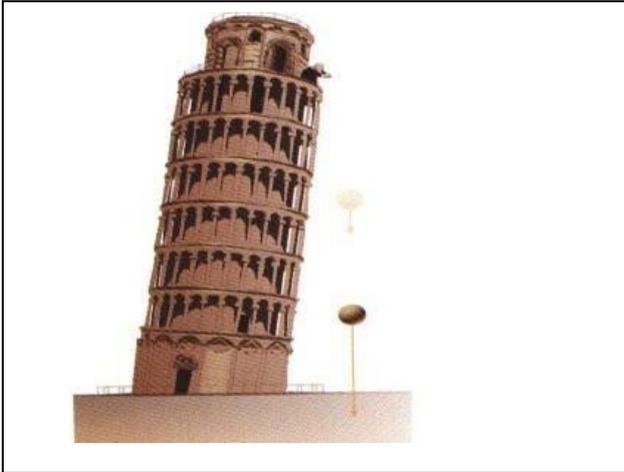
6. Revisão – alguns conceitos foram apresentados novamente, a partir do livro-texto adotado pela escola (Curso de Física – Máximo e Alvarenga), lidos em duplas e, após, discutidos com a mediação da professora. Foi entregue exercícios de aplicação do conteúdo para ser feita em casa e posteriormente corrigida - (2 hora-aula).

7. Avaliação Individual – foi realizada uma avaliação individual (apêndice 14) através de questões abertas e fechadas envolvendo os conceitos da UEPS (1 hora-aula).

8. Avaliação da aprendizagem na UEPS – realizamos a análise qualitativa das atividades realizadas na implementação desta UEPS, verificando se ocorreu uma progressiva Aprendizagem Significativa.

Total de aulas: 11 horas aula.

Figura 03



Relato 03

Imagem disponível: http://www.notapositiva.com/trab_estudantes/trab_estudantes/fisico.htm

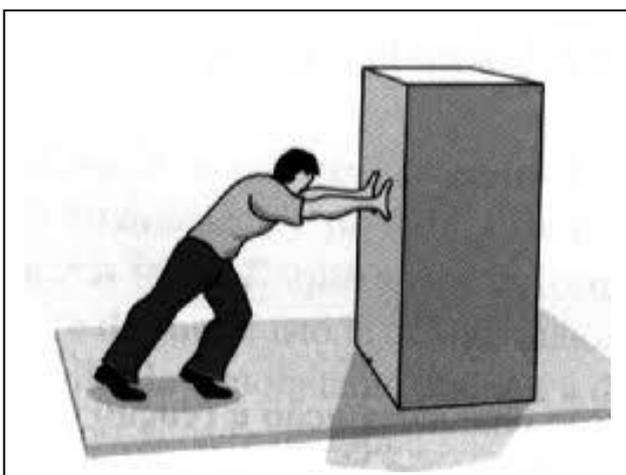
Figura 04



Relato 04

Imagem disponível: <http://www.recreio.com.br/fique-ligado/de-onde-vem-os-imas-ou-como-sao-feitos>

Figura 05



Relato 05

Apêndice 13 - Roteiros das atividades experimentais

Atividades experimentais demonstrativas

Experimento 01 – Campo Gravitacional e elétrico

Objetivos: Identificar a massa e a carga elétrica como fontes dos campos gravitacionais e elétricos, respectivamente.

Demonstrar as interações do campo gravitacional e elétrico.

Situações- problema:

O que vocês estão medindo quando sobem na balança de uma farmácia? O peso ou massa?

Um corpo poderá ter peso nulo? E massa nula?

Por que quando penteamos os cabelos num dia seco, notamos que os fios repelem-se?

Ao atritarmos o canudo, porque ele gruda no quadro?

Questões para discussão

1. Como um corpo interage com outro?
2. Que ente físico é fonte do campo gravitacional? E do campo elétrico?
3. Como podemos representar o campo gravitacional?

Experimento 02 – Campo elétrico

Objetivos: Visualizar e obter a configuração das linhas de campo elétrico por um par de condutores eletrizados. A configuração do campo elétrico é obtida através da diferença de potencial de 10V aplicada em dois eletrodos numa cuba de vidro com água.

Situações - problema:

Esfregue vigorosamente a régua no cabelo e depois o coloque próximo ao filamento de água, o que você observa? Explique

O que acontece com a farinha ao eletrizarmos os condutores? Represente-as com desenhos.

Observando a figura o que podemos notar de diferente? Explique

Questões para discussão

1. Como representar o campo elétrico dos corpos?
2. Você observou alguma c

Experimento 03 – Magnetismo

Objetivos: Observar o comportamento dos ímãs e suas propriedades

Visualizar as linhas de campo magnético.

Situação- problema:

Quais os materiais que o ímã pode interagir, além de outro ímã?".

O que acontece ao aproximarmos dois ímãs?

Todos os materiais apresentam esse comportamento?

O que irá acontecer ao jogar a limalha de ferro sobre o papel?

Desenhe ou esquematize, indicando cada componente da atividade realizada.

Questões para discussão

1. O que você observa ao aproximar as faces dos ímãs?
2. Vire a face de um dos ímãs o que se observa?
3. Coloque os ímãs na mesa, a uma distância entre eles, posicione a tábua em cima e “polvilhe” uma pequena quantidade de limalha de ferro sobre a tábua, O que você observa, desenhe.

Mudando o formato do ímã o que acontece ?

Experimento 04 - Experiência de Oersted

Objetivo – analisar o efeito magnético de uma corrente elétrica que percorre um fio condutor, conforme proposto por Oersted.

Situações – problema:

Ao aproximar um pedaço de fio de cobre da bússola, que podemos observar?

Ao se utilizar uma bússola, percebe-se que ela sempre aponta para uma mesma direção. Como explicaria?

Ao conectar as extremidades do fio aos pólos da fonte o que podemos observar?

Questão para discussão

1. Explique o fato da agulha de uma bússola sofrer deflexão, quando a mesma é aproximada de um fio em que há passagem de corrente elétrica.

Apêndice 14 - Exercícios de aplicação do conteúdo

Questões de Fixação

01(UFSM) Considerem-se três esferas metálicas e separadas, sendo duas delas, A e B, eletricamente neutras e a terceira, C, de carga elétrica Q. Colocando C em contato somente com A e, após, somente com B, as cargas de A, B e

C serão, respectivamente:

- a) $Q/2$, $Q/2$, $Q/2$ b) $Q/3$, $Q/3$, $Q/3$
 c) $Q/2$, $Q/4$, $Q/4$ d) $Q/2$, $Q/2$, $Q/4$
 e) $Q/4$, $Q/2$, $Q/2$

02(UFSM) Um bastão de vidro, depois de atritado, eletriza-se positivamente e atrai pequenas sementes eletricamente neutras, próximas a ele. Pode-se concluir que as sementes são:

- a) condutores perfeitos
 b) isolantes perfeitos
 c) eletrizadas por contato
 d) eletrizadas por indução
 e) eletrizadas por irradiação

03 (UFSM) Uma esfera de isopor de um pêndulo elétrico é atraída por um corpo carregado eletricamente. Afirma-se, então, que:

I- O corpo está carregado necessariamente com cargas positivas.

II- A esfera pode estar neutra.

III- A esfera está carregada necessariamente com cargas negativas.

Está(ão) correta(s):

- a) apenas I b) apenas II c) apenas III
 d) apenas I e II e) apenas I e III

04 (UFSM) Considere as seguintes afirmativas:

I- Um corpo não-eletrizado possui um número de prótons igual ao número de elétrons.

II- Se um corpo não-eletrizado perde elétrons, passa a estar positivamente, eletrizado e, se ganha elétrons, negativamente eletrizado.

III- Isolantes ou dielétricos são substâncias que não podem ser eletrizadas.

Está(ão) correta(s):

- a) apenas I e II b) apenas II c) apenas III
 d) apenas I e III e) I, II e III

05.(PEIES) O princípio da conservação da carga elétrica estabelece que:

- a) cargas elétricas de mesmo sinal se repelem
 b) cargas elétricas de sinais opostos se atraem
 c) a soma das cargas elétricas é constante em um sistema eletricamente isolado
 d) a soma das cargas elétricas positivas e negativas é diferente de zero em um sistema eletricamente neutro
 e) os elétrons livres se conservam

06. Dispõe-se quatro esferas metálicas idênticas e isoladas uma da outra. Três delas A,B e C, estão neutras, enquanto que a quarta esfera D, contem carga negativa Q. Faz-se a esfera D tocar, sucessivamente, as esferas A,B e C. Determine a carga final da esfera D.

07. É dado um corpo eletrizado com carga $6,4\mu\text{C}$. Determine o número de elétrons em falta no corpo. A carga elétrica do elétron é $-1,6 \times 10^{-19}\text{C}$.

08. Ao atritar um canudo de lanchonete no guardanapo, que tipo de carga o canudo adquire?

09. Se você tocar esse canudo na esfera oca de cobre o que vai acontecer com as cargas da esfera do canudo?

10- Considerando as propriedades dos ímãs, assinale a alternativa correta.

a) Quando temos dois ímãs, podemos afirmar que seus pólos magnéticos de mesmo nome (norte e norte, ou sul e sul) se atraem.

b) Os pólos magnéticos norte e sul de um ímã são regiões eletricamente carregadas, apresentando alta concentração de cargas elétricas negativas e positivas, respectivamente.

c) Os pólos magnéticos norte e sul de um ímã são regiões eletricamente carregadas, apresentando alta concentração de cargas elétricas positivas e negativas, respectivamente.

d) Quando quebramos um ímã em dois pedaços, os pedaços quebrados são também ímãs, cada um deles tendo dois pólos magnéticos (norte e sul).

e) Quando quebramos um ímã em dois pedaços exatamente iguais, os pedaços quebrados não mais são ímãs, pois um deles conterá apenas o pólo norte, enquanto o outro, apenas o pólo sul.

11. Considere as afirmações a seguir a respeito de ímãs.

I. Convencionou-se que o pólo norte de um ímã é aquela extremidade que, quando o ímã pode girar livremente, aponta para o norte geográfico da Terra.

II. Pólos magnéticos de mesmo nome se repelem e pólos magnéticos de nomes contrários se atraem.

III. Quando se quebra, ao meio, um ímã em forma de barra, obtêm-se dois novos ímãs, cada um com apenas um pólo magnético.

Está(ão) correta(s):

a) apenas I. b) apenas II. c) apenas III. d) apenas I e II. e) apenas II e III.

12. Uma característica importante das linhas de força de um campo magnético é que elas são sempre:

a) radiais. b) paralelas. c) arcos de circunferência. d) abertas. e) fechadas

13. Com relação às propriedades do campo magnético e de ímãs, assinale o que for correto.

01. Em um ímã, existem cargas magnéticas positivas e negativas, separadas por uma distância igual ao comprimento do ímã.

02. A agulha magnética de uma bússola é um ímã que se orienta na direção do campo magnético terrestre.

04. Se um ímã for cortado ao meio, isola-se o pólo norte do pólo sul.

08. O pólo norte da agulha imantada de uma bússola aponta para o pólo sul magnético da Terra.

Some os itens correto _____

14. Os antigos navegantes usavam a bússola para orientação em alto mar, devido à sua propriedade de se alinhar de acordo com as linhas do campo geomagnético. Analisando a figura onde estão representadas estas linhas, podemos afirmar que:



- a) o pólo sul do ponteiro da bússola aponta para o Pólo Norte geográfico, porque o norte geográfico corresponde ao sul magnético.
- b) o pólo norte do ponteiro da bússola aponta para o Pólo Sul geográfico, porque o sul geográfico corresponde ao sul magnético.
- c) o pólo sul do ponteiro da bússola aponta para o Pólo Sul geográfico, porque o sul geográfico corresponde ao sul magnético.
- d) o pólo norte do ponteiro da bússola aponta para o Pólo Sul geográfico, porque o norte geográfico corresponde ao norte magnético.
- e) o pólo sul do ponteiro da bússola aponta para o Pólo Sul geográfico, porque o norte geográfico corresponde ao sul magnético.

Apêndice 15 – Avaliação individual

Escola Estadual de Educação Básica Augusto Ruschi
Avaliação de Física - 3º Trimestre - Professora Lisiane

Nome: _____ Turma: _____ Data: _____
Valor: 10 _____ Nota: _____

Questão 01. Considere as afirmações a seguir, a respeito dos ímãs.

I. Convencionou-se que o polo norte de um ímã é aquela extremidade que, quando o ímã pode girar livremente, aponta para o norte geográfico da Terra.

II. Polos magnéticos de mesmo nome se repelem e polos magnéticos de nomes contrários se atraem.

III. Quando se quebra, ao meio, um ímã em forma de barra, obtêm-se dois novos ímãs, cada um com apenas um pólo magnético.

Está(ão) correta(s):

a) apenas I. b) apenas II. c) apenas III. d) apenas I e II. e) apenas II e III

Questão 02. Uma característica importante das linhas de força de um campo magnético é que elas são sempre:

a) radiais. b) paralelas. c) arcos de circunferência. d) abertas. e) fechadas

Questão 03. Assinale a alternativa correta referente ao campo magnético da Terra.

a) Os polos geográfico e magnético são coincidentes.

b) Na atmosfera, as linhas de indução magnética têm sentido do hemisfério norte para o hemisfério sul.

c) No interior da Terra, as linhas de indução magnética têm sentido do hemisfério norte para o hemisfério sul.

d) Não existe campo magnético terrestre fora da atmosfera.

Questão 04. Considerando as propriedades dos ímãs, assinale a alternativa correta.

a) Quando temos dois ímãs, podemos afirmar que seus pólos magnéticos de mesmo nome (norte e norte, ou sul e sul) se atraem.

b) Os polos magnéticos norte e sul de um ímã são regiões eletricamente carregadas, apresentando alta concentração de cargas elétricas negativas e positivas, respectivamente.

- c) Os polos magnéticos norte e sul de um ímã são regiões eletricamente carregadas, apresentando alta concentração de cargas elétricas positivas e negativas, respectivamente.
- d) Quando quebramos um ímã em dois pedaços, os pedaços quebrados são também ímãs, cada um deles tendo dois polos magnéticos (norte e sul).
- e) Quando quebramos um ímã em dois pedaços exatamente iguais, os pedaços quebrados não mais são ímãs, pois um deles conterá apenas o polo norte, enquanto o outro, apenas o polo sul.

Questão 05. Com relação às propriedades do campo magnético e de ímãs, assinale o que for correto.

- 01. Em um ímã, existem cargas magnéticas positivas e negativas, separadas por uma distância igual ao comprimento do ímã.
 - 02. A agulha magnética de uma bússola é um ímã que se orienta na direção do campo magnético terrestre.
 - 04. Se um ímã for cortado ao meio, isola-se o polo norte do polo sul.
 - 08. O polo norte da agulha imantada de uma bússola aponta para o polo sul magnético da Terra.
- Some os itens corretos. _____

Questão 06. Descreva, com suas palavras, como você definiria força e interação

Questão 07. Elabore um quadro com as diferenças e semelhanças entre o campo magnético e o campo elétrico.

Apêndice 16 – Pôster do Modelo Padrão apresentado aos alunos

- [Um pôster para ensinar física de partículas na escola](#)



Referência:

Ostermann, F. (2001). Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola. Física na Escola, 2(1): 13-18.

ANEXOS

Anexo 1 – Programa referência da Física para terceira série – PS3 / UFSM

UFSM

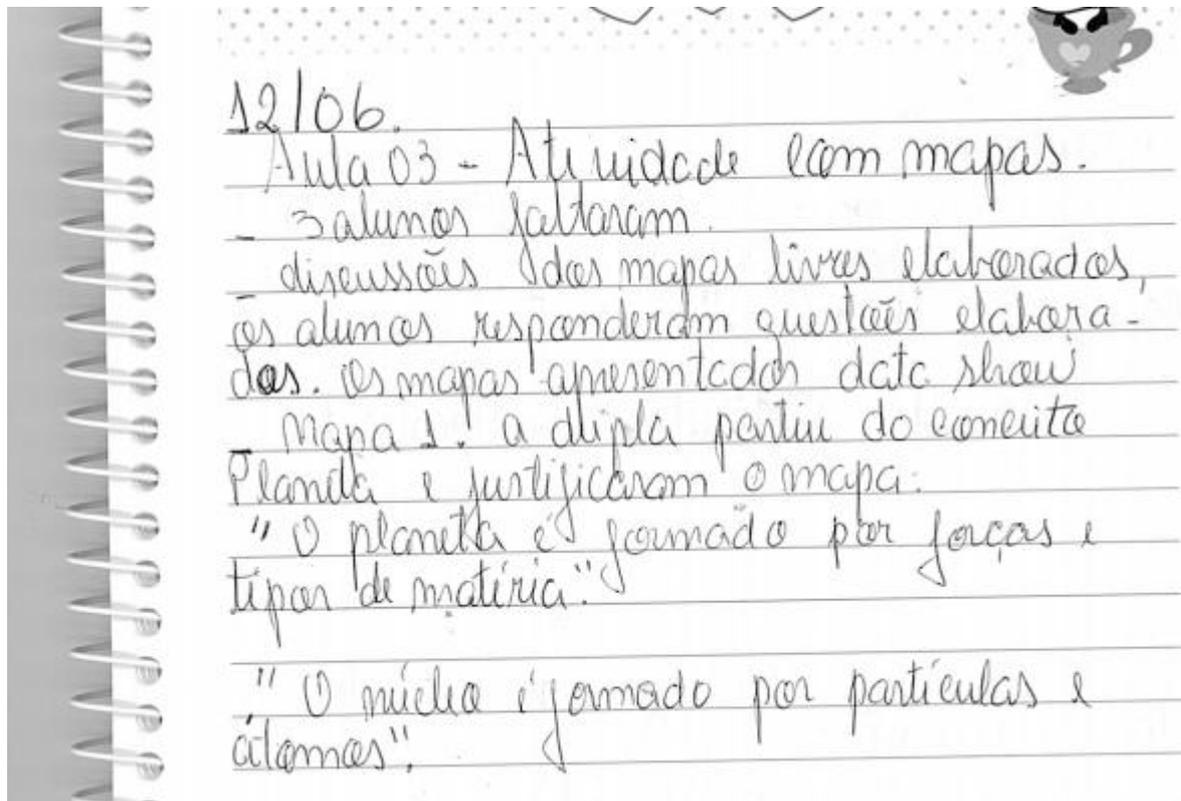
www.coperves.ufsm.br

FÍSICA

A Física é um conjunto de conhecimentos em permanente construção e transformação. Com base em princípios e leis, constrói modelos que, validados por experimentos e simulações computacionais, permitem compreender e lidar com os fenômenos naturais e com a tecnologia em todas as escalas, do mundo microscópico à imensidão do Universo. Esses conhecimentos são estruturados em teorias, e as teorias são constituídas por uma estrutura matemática e um conjunto de regras que as interpretam e as relacionam com o mundo dos fenômenos através de uma linguagem que engloba conceitos, argumentos, gráficos, tabelas e manipulações algébricas. Por isso, a construção desses conhecimentos envolve ações de **reconhecer, identificar, manipular, caracterizar, diferenciar, relacionar, correlacionar, interpretar, formular hipóteses, analisar, aplicar, resolver problemas, discutir e explicar.**

PS3

Carga Elétrica. Quantização da Carga Elétrica. Partículas Elementares. Interações Fundamentais. Atração e Repulsão entre Partículas Carregadas. Corpo Carregado. Condutores. Isolantes. Processos de Eletrização. Lei de Coulomb. Campo Elétrico. Linhas de Campo. Diferença de Potencial. Superfícies Equipotenciais. Capacitores. Capacitância. Energia Associada ao Campo Elétrico. Corrente Elétrica. Corrente Real. Corrente Convencional. Corrente Contínua. Corrente Alternada. Resistor. Resistência. Resistividade. Lei de Ohm. Efeito Joule. Potência. Força Eletromotriz. Força Contraeletromotriz. Lei das Malhas. Lei dos Nós. Voltímetro. Amperímetro. Ímãs. Polos Magnéticos. Atração e Repulsão entre Polos Magnéticos. Campo Magnético. Linhas de Campo Magnético. Fluxo de Campo Magnético. Lei de Gauss para o Magnetismo. Campo Magnético Terrestre. Lei de Ampère. Força sobre Partícula Carregada em Movimento numa Região com Campo Magnético. Aceleradores de Partículas. Força sobre Fio Condutor Percorrido por Corrente numa Região com Campo Magnético. Motor Elétrico. Lei da Indução de Faraday. Lei de Lenz. Galvanômetro. Gerador. Dínamo. Alternador. Transformador. Diamagnetismo. Ferromagnetismo. Paramagnetismo. Ondas Eletromagnéticas. Postulado de Einstein da Velocidade da Luz. Espectro Eletromagnético. Luz. Experimento de Young. Difração. Polarização. Efeito Fotoelétrico. Dualidade Onda-Partícula. Frente de Onda. Raio de Luz. Reflexão. Refração. Dispersão. Leis da Reflexão. Espelhos Planos. Espelhos Esféricos. Leis da Refração. Lentes. Reflexão Total. Olho Humano. Máquina Fotográfica. Lupa. Microscópio. Efeito Doppler para a Radiação Eletromagnética. A Expansão do Universo.

Anexo 2 – Partes dos registros do diário**Aula 3 – Atividade 3**

Mapa 2. Questões analisando a melhoria das palavras.

"Aluno afirma que não sabe a relação, apenas uniu as palavras semelhantes".

"Fizemos na 8ª série e 1º ano EM."
 "Tive apenas no 1º ano, mas nunca lá ni um desenho."

Os alunos interagiram e gostaram das discussões.

Definiram entre eles que a matéria é formada por átomos que o conjunto forma moléculas, dividiram o núcleo.

Fizeram uma relação nos seus cadernos com as respostas das questões dispostas em aula.



Anexo 3 – Textos de apoio referentes aos Modelos Atômicos

Os textos foram utilizados como texto de apoio durante a sequência “Aprofundando o conhecimento”

Texto 1 – Partes do texto *Modelo Atômico de Bohr* retirado da página do Grupo de Ensino de Física da UFSM sobre Modelo Atômico. Site: www.ufsm.br/gef

TEXTO 1 - 1ªPARTE

Modelo Atômico de Bohr

No final do século XIX, o elétron já estava estabelecido como partícula fundamental, principalmente depois que, em 1897, J. J. Thomson determinou a sua razão carga/massa. Sabia-se, então, que elétrons eram liberados por emissão termoiônica (de um metal a alta temperatura), no efeito fotoelétrico e no decaimento β de certos elementos radioativos. A partir desses fenômenos, era evidente que os elétrons podiam ser considerados como constituintes básicos dos átomos.

Modelo de Thomson

O modelo atômico de J. J. Thomson, proposto em 1904, é constituído pelas hipóteses que se seguem.

1. O átomo é formado por um tipo de fluido, com uma distribuição esférica contínua de carga positiva, no qual os elétrons, com carga negativa, estão distribuídos uniformemente.

2. O número de elétrons é tal que a carga total do átomo é zero (Fig.1).

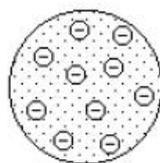


Fig.1

TEXTO 1 - 2ªPARTE

3. Existem configurações estáveis para os elétrons e eles têm um movimento oscilatório ao redor das correspondentes posições de equilíbrio num referencial fixo no átomo.

4. Os modos normais das oscilações dos elétrons têm as mesmas frequências que aquelas associadas às raias observadas nos espectros atômicos.

A terceira hipótese não pode ser verdadeira. De acordo com a Teoria Eletromagnética Clássica, não pode existir qualquer configuração estável num sistema de partículas carregadas, se a única interação entre elas é de caráter eletromagnético. Além disso, qualquer partícula com carga elétrica em movimento acelerado deve emitir radiação eletromagnética e como, no referencial considerado, o movimento dos elétrons é acelerado, o átomo deve perder energia continuamente e não pode ter estabilidade.

Quanto à quarta hipótese, não foi encontrada qualquer configuração para os elétrons de qualquer átomo cujos modos normais tivessem qualquer uma das frequências esperadas.

De qualquer modo, o modelo de Thomson foi abandonado principalmente devido aos resultados do experimento de Rutherford.

TEXTO 1 - 3ªPARTE**Experimento de Rutherford**

As partículas α são formadas por dois prótons e dois nêutrons e têm, portanto, carga positiva. Na época em que Thomson propôs seu modelo, Geiger e Marsden estudavam o espalhamento de feixes bem colimados de partículas α por folhas de ouro muito finas, pelo que hoje se conhece como o experimento de Rutherford (Fig.2).

Uma fonte radioativa emite partículas α . As partículas α são colimadas, formando um feixe paralelo e estreito. Esse feixe incide sobre uma folha de ouro com espessura muito pequena. O uso do ouro é devido à sua grande maleabilidade, o que permite dar, à folha, a espessura desejada.

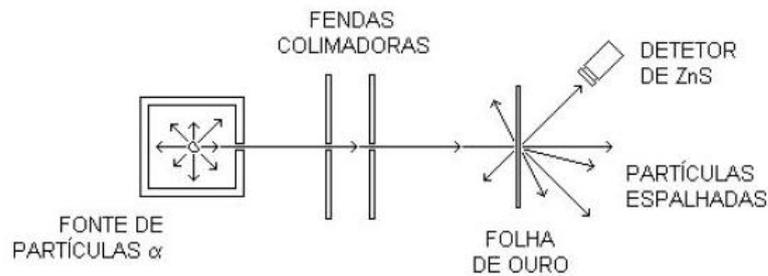


Fig 2

A folha é tão pouco espessa que as partículas α a atravessam completamente com apenas uma pequena diminuição no módulo da velocidade. Ao atravessar a folha, entretanto, cada partícula α se desvia muitas vezes da sua trajetória, devido à sua interação eletrostática com as partículas com cargas positivas e negativas dos átomos de ouro da folha.

TEXTO1 -4ªPARTE

A folha é tão pouco espessa que as partículas α a atravessam completamente com apenas uma pequena diminuição no módulo da velocidade. Ao atravessar a folha, entretanto, cada partícula α se desvia muitas vezes da sua trajetória, devido à sua interação eletrostática com as partículas com cargas positivas e negativas dos átomos de ouro da folha.

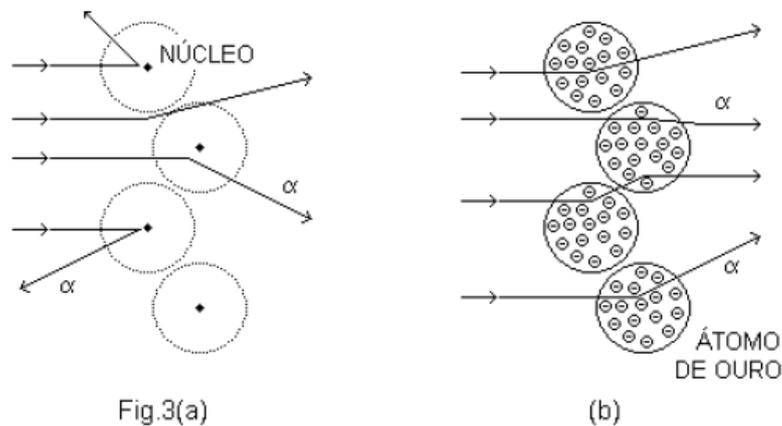


Fig.3(a)

(b)

As partículas espalhadas são detectadas por um microscópio com uma tela de sulfeto de zinco (ZnS). Essa tela cintila no local em que incide uma partícula α e o uso do microscópio permite identificar a cintilação de cada partícula α individualmente. Os resultados experimentais de Geiger e Marsden mostraram que o número de partículas

α desviadas com ângulos de 90° ou maiores (Fig.3(a)) era muito maior do que o esperado pelo modelo de Thomson (Fig.3(b)).

Modelo de Bohr Para Átomos com Um Elétron

O modelo de Bohr foi uma tentativa de aplicar as idéias de quantização de Planck e Einstein ao modelo nuclear de Rutherford. Para tanto, Bohr fixou o referencial no núcleo atômico e fez as hipóteses que se seguem.

1. O movimento do elétron ao redor do núcleo atômico é descrito pelas leis de Newton.

2. O elétron pode ocupar apenas certas órbitas especiais ao redor do núcleo. Estas órbitas especiais são determinadas impondo, como condição, que o momento angular do elétron ao redor do núcleo só pode ter valores que são múltiplos inteiros da constante de Planck dividida por 2π .

$$L = \left(\frac{h}{2\pi} \right) n \quad (n = 1, 2, 3, \dots, \infty)$$

3. Essas órbitas especiais são órbitas estacionárias. Isto significa que, quando o elétron ocupa uma delas, ele não emite radiação eletromagnética. Os estados atômicos correspondentes são estados estacionários.

4. O átomo pode passar de um estado estacionário para outro por emissão ou absorção de radiação eletromagnética com frequência dada por:

$$\nu = \frac{|\Delta E|}{h}$$

em que $|\Delta E|$ é o módulo da diferença de energia entre os estados estacionários.

A primeira suposição não apresenta qualquer problema de aceitação e estipula, apesar das outras características estranhas do modelo, um comportamento newtoniano clássico usual para o elétron nas órbitas estacionárias. A segunda suposição não tem qualquer justificativa a não ser o sucesso do modelo. A terceira suposição aparece para evitar o dilema da emissão de radiação pelo elétron no seu movimento acelerado ao redor do núcleo. A quarta suposição é a mais estranha à Física Clássica porque não especifica o mecanismo de passagem do elétron de uma órbita estacionária para outra.

Segundo o modelo de Bohr, as únicas órbitas possíveis para o elétron que gira ao redor do núcleo são aquelas com raios dados por essa expressão. Cada inteiro n identifica uma particular órbita ou um estado estacionário do átomo.

A Fig.4 representa, em escala, as seis órbitas mais próximas do núcleo para um átomo de um elétron segundo o modelo de Bohr.

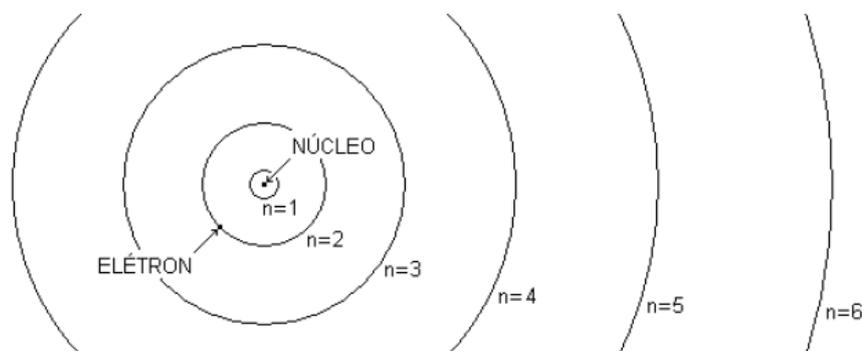


Fig.4

Texto 2 – Texto referente a evolução dos *Modelo Atômicos* retirado da página do O Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular (NUPIC). Site <http://www.nupic.fe.usp.br/>

TEXTO 2 - Nupic

A busca pelo constituinte da matéria: a evolução do conceito de átomo

Depois da descoberta do elétron por Thomson, em 1897, a ciência passou por uma grande mudança. Pela primeira vez, estava comprovado que o átomo era composto e não elementar como se pensava antes. Mas como foi a evolução da idéia do átomo?

Tudo começou, há aproximadamente 2500 anos, quando o homem iniciou o seu questionamento sobre a estrutura da matéria, ou seja, qual era a matéria prima ou substância primordial que compunha o Universo. No início das investigações, as concepções filosóficas se dividiam em dois grupos. De um lado, os filósofos que acreditavam que o Universo era formado por um único elemento – monista; por outro, aqueles que acreditavam em vários elementos que formam o Universo – pluralista. Dentro da corrente monista, podemos destacar os seguintes filósofos: Tales de Mileto (624 – 546 a.C.), que acreditava que o elemento primordial era a *água*; Anaxímenes de Mileto (570-500 a.C.) seria o *ar*, uma vez que o mesmo se reduziria a água por compressão. Para Xenófenes da Jônia (570- 460 a.C.) era a *terra*. Porém, Heráclito de Éfeso (540-480 a.C.) era o *fogo*, o elemento primordial. Em meados do século V a.C., surge um novo movimento que tenta explicar a matéria prima sendo uma porção única, subdividida em diminutas partes. Essa era a forma como Anaxágoras de Clazômena (500-428 a.C.) imaginava o Universo. Para ele, a matéria prima seria uma espécie de semente (*homeomerias*) contendo outras sementes em seu interior e, essas, por sua vez teriam outras e assim infinitamente, semente dentro de semente.

Ao contrário da visão de Anaxágoras, Leucipo de Mileto (460-370 a.C.) e seu discípulo Demócrito de Abdera (470-380 a.C.) acreditavam que todas as coisas eram formadas por um único tipo de partícula: o *átomo* (indivisível, em grego), eterno e imperecível, que se movimenta no vazio. Propunham também, uma explicação para as diversas propriedades das substâncias, através das diferenças geométricas na forma e na posição do átomo. Paralelamente a essa idéia atomista, tinha-se a corrente pluralista, destacando-se Empédocles de Akragas (490-431 a.C.) que acreditava no Universo formado por quatro elementos: *água, terra, fogo e ar*, podendo combinar-se para formar as diversas substâncias. Esses elementos estariam em constante movimento que seria intermediado pelo *amor* ou *amizade* que os uniam, e do *ódio* ou *inimizade* que os separavam. Mais tarde, Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.), propunha outros elementos: *frio, quente, úmido e seco*, que agrupados de dois a dois, formavam os elementos de Empédocles da seguinte forma: seco e frio daria a terra; seco e quente, o fogo; úmido e quente, o ar e úmido e frio, a água.

Depois de algum tempo, a idéia atomista foi retomada por Epicuro de Samos (341-270 a.C.) elevada as últimas conseqüências por Titocaro de Lucrécio (96-55 a.C.) que acreditava que todos os objetos da natureza eram constituídos de átomos, inclusive o corpo e a alma.

Mas não eram somente os gregos que buscavam a matéria prima do Universo. Na China, Tsou Yen (360-260 a.C.) tinha uma concepção pluralista, tendo como elementos básicos a *água, a madeira, o fogo, o metal e a terra*. Porém, não eram meras substâncias, já que eram governados pelo dualismo básico dos princípios cósmicos *YIN* e *YANG*. Na Índia, os hindus também tinham sua própria concepção, onde os elementos primordiais se ligavam aos sentidos: *éter-audição, ar-tato, fogo-visão, água-paladar e terra-offato*. Além disso, acreditavam que os quatro elementos de



Empédocles eram constituídos de átomos (indivisíveis e indestrutíveis). Por outro lado, devido ao caráter religioso dessa filosofia, havia uma crença que a *alma* também seria um elemento primordial do Universo.

Já nos primeiros séculos da era cristã, houve uma ascensão do Império árabe. Assim, entre os séculos X e XI, a ciência árabe teve seu período áureo, podendo formular sua própria concepção dos elementos primordiais. Para eles, estes elementos deveriam ser encontrados nos princípios ou nas qualidades das substâncias e, não na substância em si. Desta forma, o *enxofre* seria o princípio da *combustão* (fogo) e o *mercúrio* está ligado ao elemento *líquido* (água). Depois da queda dos árabes, no final do século XI, as idéias gregas voltaram à tona. Desta forma, as concepções monistas e pluralistas continuaram a ser discutidas e defendidas pelos cientistas da Idade Média e Renascimento.

Entretanto, em 1647, o filósofo e matemático francês Pierre Gassendi (1592-1655) publicou um livro distinguindo pela primeira vez *átomo* de *molécula* (distinção estabelecida oficialmente no 1º Congresso Internacional de Química, em 4 de setembro 1860) e, parecia propor, que o átomo seria uma parte *real* da substância, porém invisível e indivisível.

Já em 1789, foi editada a primeira tabela periódica contendo 30 elementos, elaborada pelo químico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). Ele se baseava no princípio de que “cada elemento de um composto pesa menos do que o composto como todo”.

Alguns anos depois, em 1814, o físico químico Jöns Jakob Berzelius (1779-1848) introduziu a nomenclatura atual dos elementos químicos. Vários outros cientistas, como o inglês John Dalton (1766-1844), o francês Joseph-Louis Gay-Lussac (1778-1850) e o italiano Amadeo Avogadro (1776-1856), começaram a investigar melhor as substâncias com a finalidade de determinar as massas dos átomos e seus volumes. Desta forma, foram formuladas algumas leis que ajudaram a classificar melhor as substâncias na tabela periódica. Foi então, que em 1869 o russo Dimitri Ivanovich Mendeleiev (1834-1907) e em 1870 o alemão Julius Lothar Meyer (1830-1895) chegaram, independentemente, a tabela periódica dos 63 elementos, relacionando o peso atômico com suas propriedades, seguindo a seqüência 2, 8, 8, 18, 18, 36 indicando cada período, o número de elementos que apresentavam as mesmas propriedades e assim, Mendeleiev previu a existência de mais alguns elementos que foram detectados posteriormente.

Mas, foi devido às experiências relacionadas ao eletromagnetismo, que o caráter indivisível do átomo foi posto em dúvida. Para o físico francês André Marie Ampère (1775- 1836) e o dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851), era uma questão de tempo mostrar que o átomo tinha constituinte de carga elétrica. Em 1828, o físico alemão Gustav Theodor Fechner (1801-1887), propôs o modelo de que o átomo consistia de uma parte central massiva que atraía gravitacionalmente uma nuvem de partículas quase imponderáveis. Esse modelo foi melhorando por seu conterrâneo Wilhelm Eduard Weber (1804-1891), colocando a força elétrica no lugar da gravitacional.

A primeira evidência experimental sobre a estrutura do átomo foi verificada pelo físico e químico Michael Faraday (1791-1867) ao descobrir, em 1833, o fenômeno da *eletrólise* (ação química da eletricidade). Ele observou que a passagem da corrente elétrica através de soluções químicas fazia com que os metais de tais soluções se depositassem nas barras metálicas introduzidas nessas soluções. Essa evidência foi corroborada com a teoria iônica desenvolvida pelo químico Svante

August Arrhenius (1859-1927) em 1884, segundo a qual os íons que constituíam a corrente através da solução, nada mais eram do que átomos carregados de eletricidade.

Uma nova visão do átomo com a descoberta do elétron: o modelo atômico de Thomson

Com a descoberta do elétron por J. J. Thomson, o átomo não era visto mais como constituinte elementar do Universo. Com isso, Thomson pode propor, em 1903, uma nova visão do átomo. Seu modelo era descrito da seguinte maneira: o átomo era composto de uma carga positiva uniformemente distribuída em uma esfera de raio da ordem 10^{-10} m, “embebida” de elétrons que vibravam em seu interior. Essa forma garantia a neutralidade do átomo, evitando o colapso do átomo. O modelo atômico de Thomson também ficou conhecido como o “Modelo do Pudim de Passas”, no qual as passas representavam os elétrons e a pasta do pudim, a carga elétrica positiva.

TEXTO 3REA 1.3.2.1. TXT: **A descoberta de Rutherford: Um modelo atômico.**

As experiências com descargas elétricas em gases, também evidenciaram a existência de partículas positivas. Em 1886, Eugen Goldstein (1850-1931), observou que quando os catodos de um tubo eram perfurados em forma de canais, certos "raios" atravessavam o próprio catodo em sentido contrário aos raios catódicos e, por isso receberam o nome de **raios canais**. Nove anos mais tarde, Jean Baptista Perrin (1870-1942), concluiu que esses raios eram constituídos de partículas positivas, chegando a ser determinada a razão entre a carga (**q**) e a massa (**m**) por Thomson em 1907. Basicamente esses "raios" eram íons de Hidrogênio (H⁺).

No começo do século XX, dois modelos atômicos disputavam a atenção da comunidade científica. Um era o modelo de Thomson de 1903 e o outro, o modelo do japonês Hantaro Nagaoka (18665-1950) de 1904. Para Nagaoka, o átomo era formado por um caroço central positivo rodeado de anéis de elétrons girando com as mesmas velocidades angulares, semelhantes ao planeta Saturno (por isso, ficou conhecido como modelo saturniano).

Esse impasse foi resolvido com as experiências realizadas por Rutherford, o inglês Ernest Marsden (1889-1970) e o alemão Hans Geiger (1882-1945), em 1908 sobre o espalhamento de partículas α pela matéria. Rutherford e seus colaboradores perceberam que as partículas α emitidas por substâncias radioativas possuíam uma alta energia e uma massa elevada, sendo assim um bom instrumento para sondar o interior de outros átomos.

Baseado nessas evidências, Rutherford montou uma experiência com o intuito de bombardear uma fina folha de ouro com essas partículas α . Ele percebeu, através de cintilações luminosas produzidas em um anteparo tratado com sulfeto de zinco (ZnS) que, a maioria das partículas atravessavam a folha sem sofrer desvios e outras sofriam pequenos desvios, mas para espanto dele, pouquíssimas partículas eram desviadas em ângulos superiores a 90°. Para os pequenos desvios, o modelo de Thomson dava conta de explicar, mas como explicar os grandes desvios? Rutherford pensou que se a carga positiva do átomo estivesse concentrada em uma única região, a força de repulsão seria muito grande para "impactos" frontais. Concluiu então, que os grandes desvios observados só poderiam resultar do encontro de uma partícula α com uma carga positiva concentrada em uma pequena região do átomo.

Em 1911, Rutherford propôs que o átomo se comportava como um sistema planetário em miniatura, formado de uma parte central positiva, à qual denominou *núcleo*, onde se concentrava praticamente toda a massa do átomo e, ao redor do núcleo, teria uma nuvem de elétrons girando, conhecida como *eletrosfera*. Com isso, o modelo atômico de Thomson foi derrubado. Utilizando experiências parecidas com aquelas que levaram a confirmação de modelo planetário, só que agora utilizando cilindro contendo hidrogênio (gás) ao invés de uma folha de ouro, Rutherford acreditava que as partículas α seriam capazes de expulsar o núcleo de hidrogênio, pois possuem maior massa e são emitidas com energias elevadas. Realizando esta experiência, ele conseguiu detectar os núcleos em um anteparo fluorescente. Com isso, comprovou a existência de partículas positivas no núcleo, e propôs o nome **próton** (que significa primeiro, em grego) em 1920 ao núcleo de hidrogênio (núcleo mais leve).

Porém, surgiram outras questões devido a este modelo. Ao propor seu modelo, ele admitia que os elétrons giravam em torno do núcleo, porque se estivessem parados seriam atraídos eletricamente pelo núcleo. Mas ao sugerir essa saída, ele caiu em outro problema. A eletrodinâmica clássica prevê que toda partícula carregada em movimento deve emitir energia. Desta forma, o elétron, deveria ir perdendo energia, diminuindo sua velocidade e indo a direção ao núcleo, em um movimento espiralado, como mostra a figura ao lado. Mas isso não foi “observado”. Então como resolver essa questão?



Núcleo de Pesquisa
em Inovação Curricular
NuPIC

REA 1.4.1.1. TXT: O Modelo atômico de Bohr.

Para resolver os problemas enfrentados pelo atômico de Rutherford, o físico dinamarquês Niels Bohr (1852-1962), em 1913, propôs um modelo um pouco diferente. Baseando-se na teoria quântica de Max Planck (1885-1957), Bohr sugere alguns postulados para o movimento do elétron, aperfeiçoando o modelo de Rutherford.

Postulados de Bohr:

- Os elétrons se movem ao redor do núcleo em números limitados de órbitas bem definidas chamadas órbitas estacionárias;
- Movendo-se nessas órbitas, os elétrons não emitem e nem absorvem energia;
- Ao saltar de uma órbita estacionária para outra, o elétron absorve ou emite uma quantidade de energia bem definida, chamada de quantum de energia.

Estava assim proposto mais um novo modelo atômico, o modelo de Bohr. Este modelo é utilizado didaticamente nas escolas de ensino médio.

Anexo 4– Linha do tempo elaborada pelos alunos

Grupo A – Apresentou em data show

Partículas Elementares

Elétron	Fóton	Múon
1897	1905	1933
<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: Thomsom - Spin: $\frac{1}{2}$ - Carga: -1 - Não é cabível ver sua cor - Experimento: Raios catódicos na Ampola de Croocks. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: Albert Einstein - Não possui massa. - Spin: 1 - Carga: 1 - Experimento: (1923) Efeito Compton. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: Hideki Yukawa - Spin: $\frac{1}{2}$ - Carga: -1

Lépton
Quarks
Bósons
Mediadores

Partículas Elementares

Estranho	Neutrino do Elétron	Neutrino do Múon
1953	1956	1962
<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: Murray Gell-Mann - Spin $\frac{1}{2}$ - Carga: - 1/3 	<ul style="list-style-type: none"> - Teoria: Wolfgang Paull - Cientista: Clyde Cowan, Frederick Reines - Spin: $\frac{1}{2}$ - Carga: 0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: Leon Lederman, Melvin Schwartz, Jack Steinberger - Spin: $\frac{1}{2}$ - Carga: 0

Partículas Elementares

Up/Down	Charmoso	Bósons Mediadores
1964	1964	1967
<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: Gell-Mann - Spin: $\frac{1}{2}$ - Carga: 0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: James Daniel Bjorken, Sheldon Lee - Spin: $\frac{1}{2}$ - Carga: 2/3 	<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: Steven Weinberg - Spin: $\frac{1}{2}$ - Carga: 1

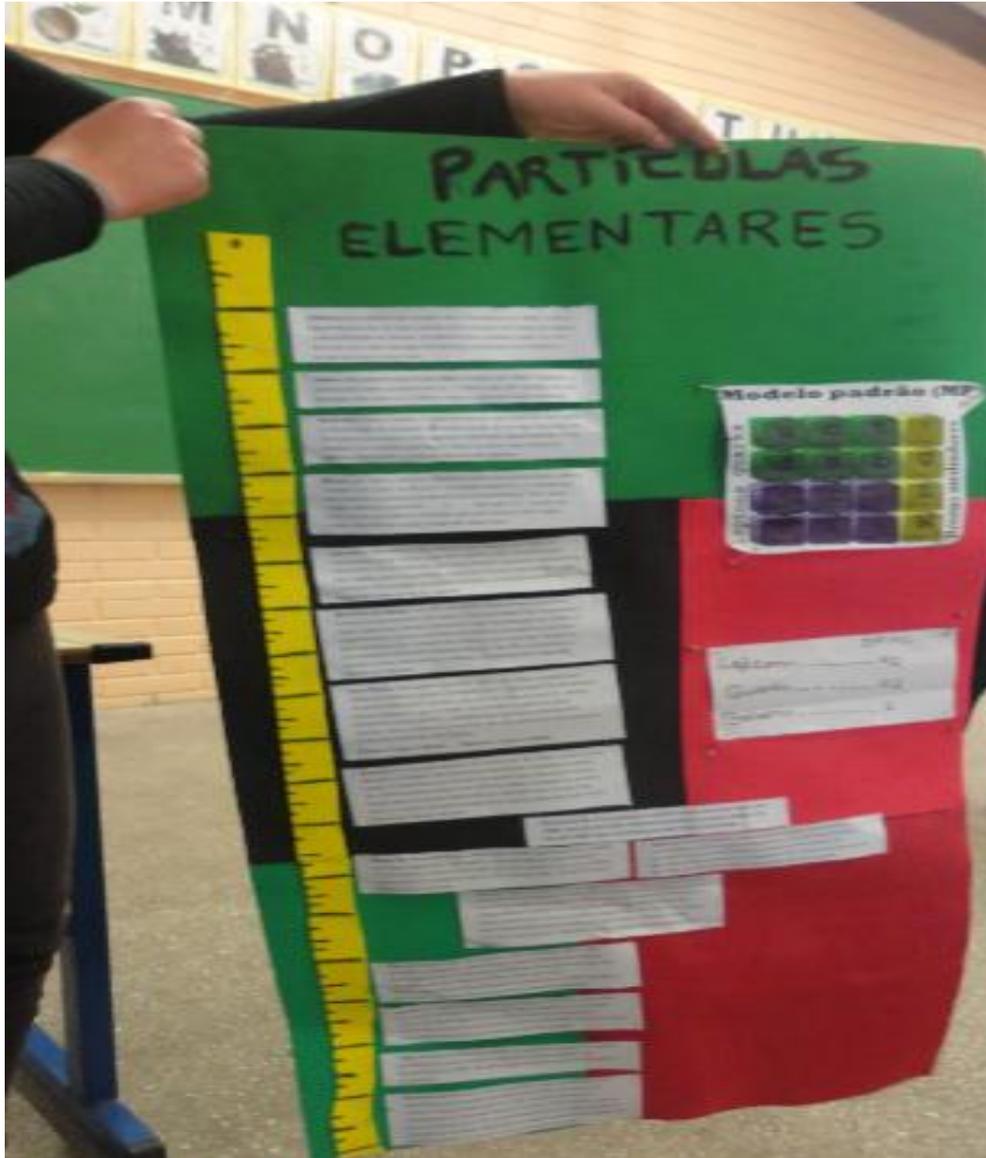
Partículas Elementares

Tau	Bottom	Top
1975	1977	1995
<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: Martin Perl - Spin: $\frac{1}{2}$ - Carga: -1 	<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: Lederman - Spin: $\frac{1}{2}$ - Carga -1/3 	<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: - Spin: $\frac{1}{2}$ - Carga: 2/3 - Experimento: Através do Tevatron, o acelerador de partículas do Fermilab.

Partículas Elementares

Neutrino do Tau
2000
<ul style="list-style-type: none"> - Cientista: Martin Lewis - Spin: $\frac{1}{2}$ - Carga: 0 - Experimento: DONUT (Observação Direta do Neutrino do Tau).

Grupo B – Apresentou na forma de cartaz



Grupo C – Apresentou na forma de cartaz

Grupo D – Apresentou no quadro

