



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE REALEZA
CURSO DE FÍSICA – LICENCIATURA**

LEIDI KATIA GIEHL

**ESTUDO DA COMPREENSÃO DAS REPRESENTAÇÕES, PROPRIEDADES E
INTERAÇÕES DO PAR PÓSITRON-ELÉTRON NO MODELO PADRÃO DE
PARTÍCULAS:
UMA PROPOSTA DE ENSINO MULTIRREPRESENTACIONAL PARA O ENSINO
MÉDIO.**

**REALEZA
2015**

LEIDI KATIA GIEHL

**ESTUDO DA COMPREENSÃO DAS REPRESENTAÇÕES, PROPRIEDADES E
INTERAÇÕES DO PAR PÓSITRON-ELÉTRON NO MODELO PADRÃO DE
PARTÍCULAS:
UMA PROPOSTA DE ENSINO MULTIRREPRESENTACIONAL PARA O ENSINO
MÉDIO.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau
de Licenciada em Física pela Universidade Federal
da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio de Camargo
Filho

REALEZA

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Giehl, Leidi Katia

Estudo da compreensão das representações, propriedades e interações do par pósitron-elétron no modelo padrão de partículas: uma proposta de ensino multirrepresentacional para o ensino médio/ Leidi Katia Giehl. -- 2015.
79 f.:il.

Orientador: Paulo Sergio de Camargo Filho.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Física , Realeza, PR, 2015.

1. Ensino de física moderna. 2. Multimodos e multirrepresentações. 3. Desenho. 4. Partículas elementares. I. Filho, Paulo Sergio de Camargo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LEIDI KATIA GIEHL

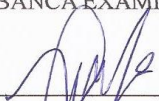
**ESTUDO DA COMPREENSÃO DAS REPRESENTAÇÕES, PROPRIEDADES E
INTERAÇÕES DO PAR PÓSITRON-ELÉTRON NO MODELO PADRÃO DE
PARTÍCULAS:
UMA PROPOSTA DE ENSINO MULTIRREPRESENTACIONAL PARA O ENSINO
MÉDIO.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Licenciada em Física pela Universidade Federal da Fronteira Sul.

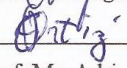
Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio de Camargo Filho

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 20/06/2015

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Paulo Sergio de Camargo Filho



Prof. Ms. Adriano José Ortiz



Prof. Clarice Pompermaier Ramella

DEDICATÓRIA

Quero agradecer a Deus por me guiar pelos melhores caminhos e me possibilitar estar firme nessa trajetória que irá me levar à realização dos meus sonhos.

Aos meus pais e minha família, por serem à base de minha vida, me dar apoio e pelos exemplos de coragem, honestidade e extremo amor.

Aos meus amigos, pelos momentos alegres, e pelas inúmeras palavras de motivação.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Sergio de Camargo Filho pela inestimável contribuição para com este trabalho e para minha formação, pelos exemplos de competência, confiança e motivação para ir além à busca dos meus objetivos.

Aos membros da Banca Examinadora pela disponibilidade e contribuições para com este trabalho.

Aos professores da Universidade Federal da Fronteira Sul pela contribuição e dedicação que tiveram para com a minha formação.

Ao Colégio Estadual São Cristóvão EFM Capanema – PR, pela disponibilidade e receptividade para a execução deste trabalho, não medindo esforços para o que fosse necessário.

RESUMO

Este trabalho explora o potencial didático de uma estratégia de ensino que aborda o Modelo Padrão da Física de Partículas por meio do estudo da compreensão das representações, propriedades e interações do par Póstron-Elétron com alunos do Ensino Médio. A estratégia proposta ampara-se no modelo de ensino por meio de multimodos e multirrepresentações, a qual tem por objetivo proporcionar aos alunos um leque de oportunidades para construir, refinar e aprofundar o conhecimento científico das partículas elementares da matéria, suas interações e aplicações. Desse modo, se um aluno não consegue entender um conceito em relação a uma representação particular, outra representação pode ser mais eficaz e envolvente, de sorte que, uma complemente a outra. Ao longo da aplicação da estratégia de ensino, os estudantes foram estimulados a aprofundar o conteúdo pretendido de uma forma mais atrativa por meio de recursos semióticos integrados e articulados como textos, vídeos, jogos e o desenho, com o objetivo de tornar os conceitos envolvidos como algo plausível para o nível de ensino proposto. Para além dos benefícios motivacionais, o desenho nessa pesquisa foi considerado como o principal recurso metodológico para avaliar a estratégia proposta, pois permitiu acompanhar a evolução conceitual dos participantes da pesquisa ao construírem suas próprias representações em dois momentos distintos de avaliação, denominados de Avaliação Diagnóstica 1 e 2. Os resultados finais da análise qualitativa realizada nas Avaliações Diagnósticas mostraram que os participantes da pesquisa tiveram uma evolução conceitual significativa após a aplicação da estratégia de ensino.

Palavras-chave: Ensino de Física Moderna. Multimodos e Multirrepresentações. Desenho. Partículas Elementares.

ABSTRACT

This study explores the didactic potential of a teaching strategy that approaches The Physics Standard Model of Particles through studying comprehension in representations, properties, interactions of pair Positron-Electron in the high school students. The proposed strategy is based on teaching model through the multimode and multi-representations that aims to provide to the students a range of opportunities to complement, constrain and construct the scientific knowledge of elementary particles of matter, its interactions and applications. Therefore, if a student cannot understand a concept about a particular representation, another can be more effective and compelling, which one complements the other. During the teacher strategy's application, the students were encouraged to learn the content in a way more attractive by integrated semiotic resources and articulated with texts, videos, games and drawings, its aim was to make the concept something plausible for the teaching level proposed. Besides the motivational benefits, the drawing in this survey was considered the main methodological resource to size up the proposed strategy; it allowed following the conceptual development of survey's participants to build their own representations in two different moments, called Diagnostic Evaluation 1 and 2. The results after qualitative analysis made in Diagnostic Evaluations show that the participants of the research had a significant conceptual evolution after the application of the teaching strategy.

Keywords: Modern Physics teaching, Multimodal. Multiple Representations. Drawing. Elementary Particles.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Representação do Elétron.....	23
Figura 2 Tubo de Raios Catódicos.....	23
Figura 3 Representação partícula A E1.....	34
Figura 4 Representação partícula B E1	34
Figura 5 Representação interação entre partícula A e B E1	34
Figura 7 Representação Pósitron E1.....	35
Figura 6 Representação da interação par Pósitron Elétron aluno 1	35
Figura 8 Representação partícula B E2	36
Figura 9 Representação partícula A E2.....	36
Figura 10 Representação interação Partícula A e B E2	36
Figura 11 Representação partícula A E3.....	38
Figura 12 Representação partícula B E3	38
Figura 13 Representação da interação partícula A e B E3.....	38
Figura 14 Representação do Pósitron E3.....	38
Figura 15 Representação do Elétron E3	38
Figura 16 Representação interação par Pósitron Elétron E3	39
Figura 17 Representação partícula B E4	40
Figura 18 Representação partícula A E4.....	40
Figura 19 Representação interação partícula A e B E4	40
Figura 20 Representação pósitron E4.....	41
Figura 21 Representação elétron E4.....	41
Figura 22 Representação interação par pósitron elétron E4.....	41
Figura 23 Representação partícula B E5	42
Figura 24 Representação partícula A E5.....	42
Figura 25 Representação interação partícula A e B E5	42
Figura 26 Representação pósitron E5.....	43
Figura 27 Representação elétron E5	43
Figura 28 Representação interação par pósitron elétron E5	43
Figura 29 Representação partícula B E6	43
Figura 30 Representação partícula A E6.....	43
Figura 31 Representação interação partícula A e B E6	44
Figura 32 Representação Pósitron E6.....	44

Figura 33 Representação Elétron E6	44
Figura 34 Representação interação par pósitron elétron E6	45
Figura 35 Representação partícula B E7	46
Figura 36 Representação partícula A E7.....	46
Figura 37 Representação interação partícula A e B E7	46
Figura 38 Representação elétron E7	47
Figura 39 Representação pósitron E7	47
Figura 40 Representação interação par pósitron elétron E7	47
Figura 41 Representação partícula A E8.....	48
Figura 42 Representação partícula B E8	48
Figura 43 Interação partícula A e B E8.....	48
Figura 44 Representação elétron E8	49
Figura 45 Representação pósitron E8	49
Figura 46 Representação interação par pósitron elétron E8	49
Figura 47 Representação partícula A E9.....	50
Figura 48 Representação partícula B E9	50
Figura 49 Representação interação partícula A e B E9	50
Figura 50 Representação elétron E9	51
Figura 51 Representação pósitron E9.....	51
Figura 52 Representação interação par pósitron elétron E9	51
Figura 53 Representação partícula A E10.....	52
Figura 54 Representação partícula B E10	52
Figura 55 Interação partícula A e B E10.....	52
Figura 56 Representação elétron E10	53
Figura 57 Representação pósitron E10	53
Figura 58 Representação interação par pósitron elétron E10.....	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 OS PAPEIS DAS MULTIREPRESENTAÇÕES.....	18
2.2 PARTÍCULAS ELEMENTARES E SUA APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO	19
2.3 O DESENHO APLICADO AO ENSINO DE PARTÍCULAS ELEMENTARES	21
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
3.1 PARTICIPANTES E CONTEXTO DA PESQUISA	25
3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS – APLICAÇÃO DO REFERENCIAL ANALÍTICO	26
3.3 RECURSOS DIDÁTICOS	26
3.4 CONTEÚDOS E OBJETIVOS INSTRUCCIONAIS.	27
4 ANÁLISES DOS DADOS	31
4.1 SOBRE AS AVALIAÇÕES DIAGNÓSTICAS	31
4.2 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 1 POR MEIO DO QUESTIONÁRIO DESCRITIVO.	32
4.3 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 1 E 2 POR MEIO DOS DESENHOS.....	33
4.3.1 Análise do Estudante 1 – E1.....	34
4.3.2 Análise do Estudante 2 - E2	36
4.3.3 Análise do Estudante 3 - E3	37
4.3.4 Análise do Estudante 4 - E4	39
4.3.5 Análise do Estudante 5 - E5	41
4.3.6 Análise do Estudante 6 - E6	43
4.3.7 Análise do Estudante 7 - E7	45
4.3.8 Análise do Estudante 8 - E8	47
4.3.9 Análise do Estudante 9 - E9	50
4.3.10 Análise do Estudante 10 - E10	51
4.4 SÍNTESE DA AD1 E AD2	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	59
ANEXOS	62
APÊNDICES	67

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho explora o potencial didático de uma estratégia de ensino que aborda o Modelo Padrão da Física de Partículas no Ensino Médio. A estratégia proposta ampara-se no modelo de ensino por meio de multimodos e múltiplas representações, a qual tem por objetivo proporcionar aos alunos um leque de oportunidades para construir o conceito científico pretendido. Com essa proposta, buscou-se estimular os estudantes a aprofundarem-se no conteúdo de Física de Partículas Elementares de uma forma mais atrativa utilizando recursos semióticos como ilustrações, vídeos, atividades e jogos podendo tornar os conceitos envolvidos como algo plausível para o nível de ensino proposto, explicitando o que são as partículas elementares, o que estas representam, e como podemos entendê-las e compreendê-las como parte de nosso universo.

Por meio das multirrepresentações foi proposto nesse trabalho o ensino de Física por meio de desenhos, nesse caso o Ensino de Física de Partículas. O ponto de partida para essa ideia foi o livro "*O Discreto Charme das Partículas Elementares*" de Maria Cristina Batoni Abdalla, que traz em seu texto uma abordagem de conceitos relativos à Física de Partículas por meio de ilustrações, que evidenciam as características das partículas, suas interações e propriedades fundamentais. Dessa forma, como Ainsworth, Prain e Tytler (2011), relatam que a utilização de desenhos favorece o processo de ensino e aprendizagem, tendo em vista que o desenho pode fomentar a motivação dos estudantes, em que os mesmos além de visualizar e discutir acerca de desenhos e imagens podem construir suas ilustrações aprofundando os conhecimentos estudados. Muitos estudantes perdem o interesse pela ciência em virtude do modelo tradicional de memorização que tem reduzido a papéis passivos no processo de ensino e aprendizagem. Por outro lado, quando os alunos são desafiados a explorar, coordenar e construir entendimentos sobre a ciência eles se sentem mais motivados do que no processo tradicional.

Para Ainsworth (1999), embora a interpretação de representações visuais seja evidentemente fundamental para a aprendizagem, tornar-se proficiente em ciência também exige que os alunos desenvolvam habilidades de representação. Numerosas observações de pesquisas e avaliações de experiências de aprendizagem em sala de aula mostram que as representações semióticas científicas constituem uma atividade menos espontânea e mais difícil de adquirir para a grande maioria dos alunos (DUVAL, 2004, p. 28 e 49). As representações semióticas são produções constituídas pelo emprego de signos, pertencentes a um sistema de referência ao qual está associado um conceito ou conjunto de conceitos.

A análise conceitual dos ambientes de aprendizagem multirrepresentacionais sugere que há três papéis principais que as Múltiplas Representações desempenham na compreensão de determinado objeto de estudo – complementar, restringir e construir uma interpretação mais profunda (AINSWORTH, 1999, p. 134), como discutido mais profundamente no próximo capítulo. O primeiro papel consiste em usar representações que contenham informações complementares ou que sirvam de apoio complementar aos processos cognitivos. Além disso, a diversidade representacional pode ser usada para restringir possíveis interpretações impróprias do mesmo conceito. Vale lembrar que as Múltiplas Representações também podem ser usadas para incentivar os alunos a construir uma compreensão mais aprofundada de um conceito científico, refinando-o. Nesse sentido, as Múltiplas Representações estimulam diferentes perspectivas para olhar o mesmo objeto conceitual, abrindo, com isso, novos caminhos de pensamento para entender esse objeto.

De acordo com (LABURU; BARROS; SILVA, 2011), o ensino de Física/Ciências por meio dos multimodos e multirrepresentações traz a possibilidade de realçar os conceitos, ou seja, o conteúdo quando relacionado a diferentes formas de representações leva a uma aprendizagem mais consistente. Para os autores, o pensamento científico depende dos vários registros e modos de representações, sendo que a compreensão e a conversão dos significados se darão com mais rapidez e que o entendimento de um único conceito poderá se dar de diferentes formas, não dependendo de um tópico específico. De fato, como Ainsworth (1999) relata, é mais provável com o uso das multirrepresentações que o interesse dos alunos seja despertado, e com isso, proporciona-se condições para uma aprendizagem efetiva. Os alunos que passam pelo processo das multirrepresentações são capazes de compensar as fraquezas associadas a um único método particular, ou seja, há vantagens consideráveis, pois podendo explorar combinações de representações, estes ficam menos propensos à limitação de um único método e uma única visão do conceito.

O estudante ao se deparar com temas científicos advindos de reportagens, revistas e filmes, possuem curiosidade e vontade de investigação, mas muitas vezes são podados, levando aos estudantes um preconceito perante a física, fazendo com que pensem que é uma área em que se abordam estritamente conceitos e fórmulas descontextualizados da realidade. Como Ostermann (2011, p.1) ressalta, “[...] Não é difícil constatar a desmotivação dos estudantes, a abordagem excessivamente formalística da física [...]”. Dessa forma, este trabalho vem com uma proposta de mudança para este cenário, partindo do pressuposto de que a unidade didática deve se fundamentar em uma metodologia que demonstra aos alunos que a Física é uma área de alcance, e que vários fenômenos da natureza se relacionam com

esta. De acordo com Moreira (2004, p.1), “[...] Com habilidade didática, talvez se possa transmitir aos alunos a ideia de um assunto excitante, colorido, estranho e charmoso, em vez de difícil e enfadonho [...]”.

Para além da importância que os temas da Física Moderna e Contemporânea apresentam nos currículos escolares, também deve ser pensado em metodologias que permitam um entendimento por parte dos estudantes, que desperte o seu interesse e a curiosidade, gerando assim, um processo de ensino e aprendizagem satisfatório. Para Moreira (2004, p.5), “[...] A Física é considerada, na escola, uma matéria difícil, pouco motivadora, aprendida mecanicamente [...]”. Para tornar a aprendizagem possível para todos os alunos, ou por grande parte deles, se parte da ideia de que se devem explorar vários métodos e abordagens, no caso deste trabalho em que se aborda o conteúdo de partículas elementares, se pretende trabalhar o conteúdo por meio dos multimodos e múltiplas representações para o ensino de física. O emprego da multiplicidade de formas e modos de representação durante o ensino é uma condição indissociável, visto que quando se trabalha com diversas técnicas e atividades explorando os variados meios de cognição, facilidades e dificuldades dos alunos, se consegue alcançar uma maior totalidade do aprendizado. Laburú, (2011) destaca, “a aprendizagem dos conceitos e dos métodos da ciência são realçados quando permanecem associados à compreensão de diferentes formas de representação e, conseqüentemente, ao ensino de várias linguagens, símbolos, palavras, imagens, ações, etc.”. (LABURÚ, 2011, p. 471).

O ensino de Física no Ensino Médio, como o de outras disciplinas, é direcionado através de documentos oficiais que discutem acerca dos conteúdos, metodologias e temas importantes para nortear o ensino. Com base nisso, os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) referem-se à Física como sendo uma área de conhecimento que envolve competências que permitem aos educandos perceber e lidar com fenômenos naturais, científicos e tecnológicos, presente em seu cotidiano e em todo o mundo, bem como conhecimentos que envolvam a cultura, resolução de problemas e responsabilidade social. Segundo os PCNs, os aspectos da Física Moderna são essenciais para uma compreensão sobre a matéria e o mundo microscópico, conhecimentos estes essenciais para um entendimento de diferentes e novos materiais, o desenvolvimento da tecnologia e as radiações e suas aplicações. De acordo com o documento citado anteriormente, a importância destes conteúdos é elevada devido ao cotidiano contemporâneo que está em constante evolução, com tecnologias baseadas na microtecnologia e nas formas de radiações, podendo entender como procedem e os respectivos riscos e benefícios dessas aplicações. Além da importância,

salienta-se que o ensino da Física Moderna deve remeter a um contato que pareça familiar ao aluno, ou seja, que tenha relação com seu cotidiano e as transformações científicas e tecnológicas que se observa no mundo, podendo os conteúdos servir de objetos de estudo para resoluções de problemas que possam intrigá-los, e a partir do ensino de Física crie-se sínteses e compreensões consistentes dos elementos envolvidos nesse estudo.

Outro documento que norteia o ensino de Física são as Diretrizes Curriculares Estaduais para o Ensino de Física (DCEs), em que é perceptível a importância que a Física Quântica recebe, discutindo a cerca de que a Física Clássica nem sempre é suficiente para explicar alguns conceitos, “[...] o modelo do átomo de Bohr é suficiente. Por outro lado, no âmbito da Física de Partículas, esse modelo não é aconselhável [...]” SEED (2013, p.67). Discorrendo sobre a necessidade que tem de fazer ligações com a Física Moderna, podendo assim acompanhar as evoluções que a ciência passa, e dessa forma ter uma compreensão mais coerente dos fenômenos físicos e suas relações com nosso ambiente.

É importante considerar que, para que a aprendizagem seja alcançada é necessário que os alunos tenham interesse pelo assunto abordado, que se motivem a estudar e compreender os fenômenos relativos ao conteúdo em questão. Como Aloi, Haydu e Carmo (2014) “para tornar um estudante motivado a estudar, considera-se como fundamental o arranjo das contingências da escola do ambiente da escola”, sendo assim, é necessário que o aluno sinta o ambiente escolar como parte relativa de seu meio. Dessa forma, a cultura e o meio em que os sujeitos estejam inseridos são pontos a serem considerados no que remete o planejamento e aplicação dos conteúdos e atividades, pois com isso pode-se criar um engajamento maior dos estudantes na realização das tarefas, discussão dos assuntos e temas pertinentes ao conteúdo.

Partindo do tema de Física de Partículas, sabe-se que este tema é pouco trabalhado no ensino normal, ou seja, trata-se na maioria das vezes como algo novo aos educandos, “[...] tudo que é novo tem um potencial de despertar interesse, principalmente de crianças e jovens [...]” (ALOI; HAYDU; CARMO, 2014, p.11), cabe ao professor então, trabalhar o novo como algo positivo e não como algo que desperta aversão e preconceito. Esta prática pode ser otimizada a partir de notícias e novidades que se tem sobre aplicações da ciência em nosso dia a dia e, principalmente a importância sobre a sociedade, como a descoberta de novas partículas, a aplicação na saúde e na computação, por exemplo.

O uso de estratégias baseadas em multimodos e múltiplas representações, mais do que motivar, leva aos alunos um entendimento mais profundo do conhecimento, mais especificamente na Física, teorias, leis, princípios e propriedades, são expressas em sua maioria de diferentes modos, e com isso se faz necessário que o ensino leve em conta as

diferentes formas que cada conceito ou objeto da Física pode assumir cientificamente (CAMARGO FILHO, 2011). O uso de multirrepresentações no ensino de Física é, por vezes, reconhecido como um método que possibilita uma compreensão científica mais efetiva e permanente (ABDALLA, 2005). Partindo do tema Partículas, este é um conceito tido como mais complexo, mas que analisando o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, estes em uma fase mais avançada como nos últimos anos do ensino médio, já possuem capacidade de compreender para além do superficial, descobrindo as fronteiras por detrás do visível, criando análises críticas do mundo e da ciência. Para abordar o conteúdo de Física de Partículas, o Elétron e o Pósitron, foram aplicadas diversas atividades como leitura, escrita, simulações, vídeos, jogos e também desenhos, possibilitando aos educandos uma visão mais minuciosa do conteúdo. Cientistas não usam apenas palavras, mas dependem de diagramas, gráficos, vídeos, fotografias e outras imagens para fazer descobertas, explicar achados e provocar o interesse do público (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011).

Dessa forma, tem-se como princípio pensar em um processo de ensino e aprendizagem instigante, que seja significativo ao aluno, pois a partir dessas concepções eles poderão aplicar os conceitos trabalhados com mais facilidade. Mas para que isso seja possível tem-se a consciência de que a prática pedagógica deve ser planejada levando-se em conta as particularidades dos alunos, ou seja, planejando diversas atividades, que englobem variadas formas de compreensão do conteúdo, desde formas escritas, orais, práticas, lúdicas.

Através disso, focou-se em desenvolver uma estratégia de ensino lastreada nas funções das Múltiplas Representações semióticas visando contribuir para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Percebe-se que este estudo representa uma lacuna no escopo do Ensino de Física e também uma defasagem no ensino regular, desse modo, através da aplicação da unidade didática, observaram-se quais são as dificuldades e evoluções dos sujeitos da pesquisa. Assim deu-se enfoque em alinhar a construção da proposta didática aos encaminhamentos teórico-metodológicos mais recentes, pois conforme afirma Pietrocola (2010, p.352), “[...] as pesquisas na área do ensino de Ciências têm se apoiado em abordagens que privilegiam os aspectos cognitivos à aprendizagem [...]”.

O problema a ser investigado nesse trabalho foi: “Qual a evolução conceitual que os estudantes teriam a partir da aplicação da estratégia didática construída?”. A partir desse questionamento, propomos investigar o potencial didático que essa proposta teria, abordando o tema de Física de Partículas a partir dos multimodos e multirrepresentações. Dessa forma, a construção desse trabalho tem como prioridade avaliar a evolução conceitual que os alunos tiveram com a aplicação da unidade didática, para assim, fazer uma reflexão com base nos

registros e atividades a fim de discutir acerca da experiência vivida e dos multimodos e múltiplas representações no ensino de Física.

A base para a construção deste trabalho teve objetivos delimitados, sendo: 1. Construir uma proposta didática para o conteúdo de Partículas Elementares a partir dos referenciais que abordavam e justificavam os multimodos e multirrepresentações. 2. Propor um referencial analítico para avaliar então a evolução da aprendizagem dos alunos, estes bem delineados a partir das avaliações diagnósticas. 3. Contribuir para o ensino de Física em si, levantando possibilidades de que o ensino de física moderna é possível de ser trabalhado. Sendo assim, nos próximos capítulos serão discutidos os referenciais teóricos utilizados para compreender este trabalho, além da metodologia utilizada e dos resultados alcançados com este trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Pretende-se com esta seção fazer articulações sobre discussões que já se tem sobre as multirrepresentações, atreladas ao ensino de Física, podendo dessa forma justificar a metodologia utilizada no modulo de ensino e os objetivos tensionados neste projeto. Sabe-se que as multirrepresentações têm caráter protagonista no processo de ensino e aprendizagem que busca um amplo contato com o conhecimento, tendo em vista que utilizando diversos meios pedagógicos, a probabilidade de se alcançar a totalidade da informação e a compreensão mais efetiva e definitiva são maiores. Além disso, ao trabalhar com as multirrepresentações foi utilizada a metodologia do desenho, inserindo no conteúdo atividades em que os alunos pudessem construir suas representações podendo enriquecer o seu trabalho, como Ainsworth, Prain e Tytler (2011) o desenho possibilita uma abordagem diferenciada do conteúdo, que possibilita a motivação do estudante e a capacidade destes construir o conhecimento através de suas próprias representações.

Nessa discussão será feito um aprofundamento teórico a respeito das multirrepresentações no Ensino de Física, a partir das funções das multirrepresentações discutidas por Ainsworth (1999, p. 134), que evidenciam a efetividade desse processo sabendo que através dessa didática uma atividade pode complementar a outra, podendo também disponibilizar ao aluno um leque de oportunidades sobre o conteúdo em específico. Além disso, serão analisadas as multirrepresentações por Camargo Filho (2011), onde conclui acerca da experiência de que a compreensão e a durabilidade do conhecimento são mais eficientes quando atrelada às multirrepresentações. Atrelado a isso Laburu e Silva (2011) afirmam que aprender envolve a totalidade dos significados, que se manifesta a partir do conjunto de multiplicidades representações, tendo em vista que um educando pode aprender toda essa totalidade ou uma porção desta, isso levando em conta a cognição do estudante, pois quando há uma multiplicidade de representações mentais de um mesmo conceito a um aumento no processamento cognitivo dos educandos, e como reação se tem um entendimento mais profundo do objeto de estudo (DUVAL, 2014). Reforçando a contribuição das multirrepresentações no ensino, também se discute acerca da aplicação da Física Moderna no ensino médio, quais as possibilidades e dificuldades que se tem, como Pozo, Gomes e Crespo (2006), os alunos estão acostumados com o que é palpável aos mesmos, dessa forma trabalhar um conteúdo tido até então como abstrato aos estudantes de uma forma mais concreta e acessível, só tem a contribuir para a aprendizagem dos sujeitos.

2.1 OS PAPEIS DAS MULTIREPRESENTAÇÕES

O uso das multirrepresentações vai além dos benefícios motivacionais, mas também atuam em relação à compreensão do conteúdo, (AINSWORTH, 1999). Entender como funcionam e quais os pontos a serem levados em conta no uso das multirrepresentações evitam o uso inadequado que impossibilita a geração de obstáculos que comprometam o processo de ensino e aprendizagem. Ainsworth (1999, p. 134) considera que as multirrepresentações possuem três funções principais: complementar, restringir e construir. Tendo em vista que diferentes alunos, além de exibir variadas preferências, também possuem características individuais que vão desde seu raciocínio, habilidade verbal, operacional, vocabulário, gênero e idade, assim uma representação pode complementar a outra e a soma destas podem gerar vantagens, que possam atingir uma maioria dos alunos. Pode-se observar que há vantagens consideráveis para a aprendizagem com processos complementares por que, ao explorar combinações de representações, os alunos estão menos propensos a serem limitados pelos pontos fortes e fracos de uma única representação, além do mais, uma atividade pode ser insuficiente para transmitir a totalidade das informações. Como Camargo Filho (2011) discute, as multirrepresentações veem atreladas ao benefício de poder compreender diversos processos cognitivos e dessa forma uma maior totalidade dos alunos, da mesma forma:

Existem condições favoráveis à aprendizagem por meio dos papéis desempenhados pelas funções complementares, seja por processos complementares ou por informações complementares, pois ao propiciar a coordenação entre representações, os alunos ficam menos propensos a serem limitados pelos pontos fracos de uma única representação. (CAMARGO FILHO, 2011, p.56).

O segundo uso das multirrepresentações é restringir a interpretação, ou seja, empregando uma representação familiar para compreender uma representação mais abstrata, explorando propriedades inerentes de uma representação para restringir, refinar a interpretação de uma segunda. Como por exemplo, “o livro está do lado do estojo”, me refiro ao livro, sugerindo sua localização próxima do estojo, dessa forma uma representação pode agir para direcionar a interpretação de outra. A terceira forma de utilização das multirrepresentações é a de construir uma compreensão mais profunda, como Kaput (1989) apud Ainsworth (1999) discorrem, a ligação “[...] a ligação cognitiva de representações cria um todo que é maior que a soma de suas partes, isto nos permite ver ideias complexas de uma

maneira nova e aplicá-las de forma mais eficaz [...]”. Podendo através de essa forma fazer uma abstração, relação e extensão dos conteúdos. No contexto da psicologia cognitiva (DUVAL, 2006), sintetiza que quando a aprendizagem é atrelada a mudança e a coordenação de diferentes registros de representação, os resultados podem ser mais significativos no que se refere à compreensão e produção de conhecimento.

O ensino busca a formação de alunos que sejam capazes de raciocinar a partir dos conceitos científicos e que também possam utilizar esses conhecimentos na sua prática como parte de cotidiano na resolução de problemas (LEMKE, 2011). O processo de ensino e aprendizagem nas salas de aula são manifestados a partir de recursos que envolvem o emprego de palavras, imagens, símbolos, ações e, cada elemento leva consigo um significado na tomada de conhecimentos científicos. A Semiótica estuda a utilização desses recursos culturais olhando para cada objeto e ação como um sinal que possui um significado que vai além de suas propriedades como um objeto material ou processo (LEMKE, 2011).

Observando a partir da Ciência Semiótica, um primeiro recurso que fica evidenciado na relação de ensino é a linguagem, desde linguagens que utilizam representação visual, as línguas de simbolismo matemático e também as linguagens utilizadas para as operações experimentais, muito utilizadas nas Ciências. Lemke (2011) discute, cabe as ciências capacitar os estudantes a usar todas as formas representacionais integrando na atividade científica. Na maioria dos materiais didáticos, desde os mais tradicionais como livros e revistas as representações semióticas são muito presentes, integrando desde textos, mapas, diagramas, equações e fotos, dessa forma, compreendendo os significados dessas representações, pode-se decifrar com maior êxito a natureza científica do conceito, que possuem cada linguagem, ou mesmo representação.

Observa-se uma pluralidade na educação, desde os currículos e principalmente no que se referem aos alunos, estes possuem na maioria das vezes estilos de aprendizagem diferentes, o que se sugere é que as formas de ensinar sejam repensadas, ou seja, as práticas sejam adequadas levando representações direcionadas às necessidades individuais de cada aluno (KLEIN, 2003).

2. 2 PARTÍCULAS ELEMENTARES E SUA APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO

A Física é um dos mais claros exemplos de construção do conhecimento humano (OSTERMANN, p.1 2001), é através dela que se torna possível conhecer e entender vários fenômenos do universo. A ciência passa por constante evolução e é por meio dessas evoluções

que se pode entender como e por que as coisas são formadas, por exemplo. Tínhamos na Grécia antiga a ideia que tudo era constituído por quatro elementos fundamentais da natureza, sendo o fogo, a terra, a água e o ar, mais tarde por volta do quinto século antes de cristo, os filósofos gregos propuseram a chamada teoria atomista, em que o átomo, partícula muito pequena que não podia ser destruída nem quebrada era à base de tudo (ABDALLA, 2004, p.20). Já no cenário científico atual, o átomo, que por sua vez era considerado indivisível, é composto por outras partículas que realmente são elementares e que compunham toda a matéria do universo.

Os estudantes desde a sua infância são acostumados com o mundo percebido pelos seus cinco sentidos, por isso, enfrentam grandes dificuldades para ir além e imaginar o que a Física Moderna propõe (POZO; GOMES; CRESPO, p. 192, 2006). Por entender que o conteúdo de Partículas Elementares é, muitas vezes, tido como estranho, de difícil entendimento é que se sugere uma abordagem diferenciada, que aborde os conceitos envolvidos como algo mais palpável aos alunos e de possível entendimento. Como (CHEVALLARD, 1998) discute o conteúdo de Física de Partículas a primeiro contato pode parecer muito complicado ao aluno, nesse caso, esse mesmo conteúdo necessita de elementos de transposição didática para que possam ser de possível entendimento aos estudantes. Como Lozada e Araujo destacam:

Derrubar as barreiras do aparente "incompreensível" e incompleto Modelo Padrão e mergulhar na estrutura da matéria consistem num desafio para o professor do Ensino Médio que deverá repensar sua prática pedagógica e utilizar-se de sua criatividade para criar múltiplos recursos para o Ensino de Física de Partículas Elementares. (LOZADA, C. ARAUJO, M. 2007, p.9.).

Ensinar Física Moderna pode ser considerado um desafio para o educador, tendo em vista que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea não foram efetivamente inclusos nos currículos principalmente pelo número reduzido de aulas semanais de Física (LOZADA, ARAUJO, 2011). Percebe-se uma evolução no que se refere ao ensino da Física Moderna, tendo em vista que já se tem na maioria dos livros didáticos tópicos que abordem conteúdos relativos a estes. Dessa forma, o ponto de partida cabe ao professor ousar em sua abordagem, tendo que ir além do que os documentos oferecem, através de pesquisas por exemplo. Partindo desse mesmo ponto, o que se vê atualmente é uma demasiada ênfase no ensino da cinemática e ausência da física moderna e contemporânea nos currículos escolares (OSTERMANN, 2001), em grande parte, o ensino da Física Moderna é deixado de lado, ou passado superficialmente, isso faz com que o conteúdo de Partículas Elementares seja

desconhecido pelos estudantes, ou visto de forma equivocada. Entender a composição do universo, de que as coisas são feitas, é de extrema importância, esse fato traz uma justificativa da relevância deste estudo acerca do ensino das Partículas Elementares, de modo que proponham uma metodologia que possibilite aos estudantes mais do que conhecer as partículas, mas entendê-las como composição de toda a matéria do universo.

Pensando a partir do interesse dos alunos para o conhecimento, é notável que quando o conteúdo é atrelado a sua realidade este se torna mais prazeroso, dessa forma relacionar o conteúdo a ser trabalhado com aplicações práticas de seu dia a dia é de fundamental relevância, como no caso de Física de Partículas, pode ser feita relações com tecnologias, aparelhos de TV, raios X, e várias outras aplicações que podem tornar o processo de ensino e aprendizagem algo de fundamento para os estudantes.

2.3 O DESENHO APLICADO AO ENSINO DE PARTÍCULAS ELEMENTARES

Um dos objetos de estudo desta pesquisa é a utilização de desenhos para o ensino de Partículas Elementares, investigando quais são as possibilidades desta forma didática para enobrecer a apropriação do conhecimento. Para (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011), a utilização de desenhos no ensino é essencial para o desenvolvimento do pensamento científico, em que através destes se pode trabalhar com desenhos, gráficos, imagens, fotos, despertando o interesse do público e o achado por descobertas.

Um exemplo de aplicação desta metodologia para o ensino é o livro *O Discreto Charme das Partículas Elementares*, em que no decorrer do seu texto trabalha com ilustrações coloridas que evidenciam as propriedades e características dos conceitos em questão, desvendando no decorrer do texto o Modelo Padrão das Partículas Elementares. Com isso, além de ser utilizado o texto desse livro, pretende-se levar à prática, a utilização de desenhos, engajando com as teorias existentes podendo contribuir positivamente para este trabalho. Ainsworth, Prain e Tytler (2011), evidenciam cinco razões pelo qual a utilização de desenhos seja fundamental para a aprendizagem.

Desenhar pode melhorar o engajamento dos alunos com a ciência, quando os estudantes desenham para explorar, coordenar e justificar entendimentos da ciência, eles ficam mais motivados a aprender do que no ensino tradicional, além da motivação, quando se fala de um ensino baseado em múltiplas representações, este se preocupa em atender as diversas necessidades dos alunos, sendo assim, o desenho torna-se uma possibilidade de trabalhar o conhecimento científico através de uma prática visual. O livro através de suas

ilustrações desvenda o surgimento das partículas, discutindo sua origem suas características e propriedades, em que as mesmas são representadas através de figuras que vão ocupando os espaços das caixinhas organizadas por meio do modelo padrão.

Além de trabalhar com as representações visuais, também como (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011), os alunos ao construir suas próprias representações podem aprofundar a compreensão de conhecimentos científicos e seus efeitos. Além de somente visualizar as figuras pode-se construí-las e adequá-las conforme o conteúdo. O professor nesse sentido tem o papel de incentivar os alunos a perceber a relevância das interpretações visuais no desenvolvimento da ciência. Para evidenciar a compreensão conceitual, os alunos devem aprender a raciocinar por meio de vários modos, ou seja, ao ser trabalhado com atividades que vão desde vídeos, análise de textos, reportagens, jogos e desenhos, o aluno consegue perceber o conhecimento inserido em uma linguagem multirrepresentacional, a forma que diferentes representações possuem distintos atributos que guiam o que os alunos fazem e refinam sua compreensão (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011).

Como Ainsworth, Prain e Tytler se referem em uma de suas razões por ensinar através de desenhos, as representações visuais permitem estimular novas estratégias construtivas, ao aluno inventar representações que incluem desenhos podem preparar este para uma aprendizagem futura, ajudando os estudantes a discernir os principais recursos e desafios das tarefas. O desenho além de possibilitar uma nova representação do conteúdo estudado pode facilitar a comunicação, esclarecer ideias, permitindo inclusive divulgar a informação contida neste, da forma que os aprendizes possam criar e compartilhar suas representações, dessa forma podem aprender a criticar a clareza, coerência e conteúdo utilizados por seus colegas, sendo assim, percebe-se que as funções da utilização de desenhos ultrapassa simplesmente uma mera representação, mas este abordado de uma forma contextualizada e que englobe diversas atividades como desenho, oralidade e interpretação, pode gerar efetivamente um aproveitamento satisfatório do conteúdo. Segundo pesquisas de (AINSWORTH; PRAIN; TYTLER, 2011), o interesse dos alunos pelo desenho é cada vez mais notável, pois reflete uma nova compreensão de ciência como uma prática discursiva multimodal. O livro aqui utilizado "*O Discreto Charme das Partículas Elementares*" traz consigo uma abordagem que não explicita nenhuma teoria de aprendizagem que possa amparar as discussões metodológicas, mas, no entanto usa elementos dos multimodos e múltiplas representações que possibilitam um trabalho diverso e principalmente contextualizado com o conteúdo, pois em todo o seu texto aborda o conteúdo de Partículas Elementares com base em conceitos científicos, momentos e fatos históricos pertinentes utilizando ilustrações que se atrelam aos

conteúdos que estão sendo expostos ou explicados, como por exemplo:

A figura representa o elétron, tendo massa definida, mas sendo leve como demonstra as asas, este também possui carga elétrica e um feixe luminoso representado pelas antenas.

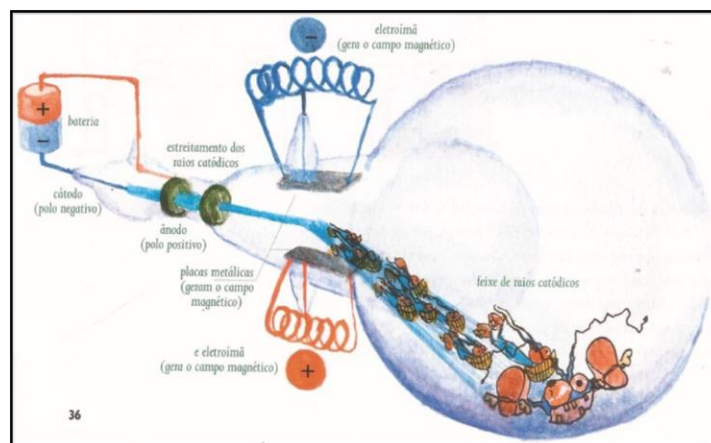
Figura 1- Representação do Elétron



Fonte: Abdalla, 2005, p.38.

A segunda figura representa o experimento do tubo de raios catódicos, ilustrando o formato do tubo, a influência que o campo elétrico e magnético exercem sobre as partículas neste caso o elétron, podendo ser explicado dessa forma, como foi descoberto o elétron.

Figura 2- Tubo de Raios Catódicos



Fonte: Abdalla, 2005, p.36.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para que o processo de ensino e aprendizagem seja realizado com êxito, os alunos precisam chegar a uma compreensão conceitual consistente, para isso, alguns passos ou degraus precisam ser passados. Investigar esses caminhos da compreensão conceitual dos estudantes sugere implicações na prática pedagógica a ser desenvolvida (ADADAM, 2010). Um ponto a ser considerado é o conhecimento prévio que o aluno possui, este já vem à escola enraizado de concepções sobre o mundo e os fenômenos recorrentes, e o conhecimento que construirá no espaço escolar será o resultado dum progresso conceitual em torno dos conceitos estudados ao longo do tempo, essa evolução faz parte de todo um processo que une professor, aluno e práticas pedagógicas. Como Adadam (2011) se refere, “[...] a aprendizagem significativa das ciências implica uma compreensão conceitual em vez de memorização, e a construção dessa compreensão se refere a uma mudança conceitual e não assimilação [...]”.

As progressões de aprendizagens são analisadas a partir de estudos fundados na avaliação, podendo acompanhar o progresso que o aluno tem a partir das propostas de ensino, (CAMARGO FILHO, 2011). Dessa forma, no que se refere a este trabalho, essa evolução será observada no decorrer da aplicação do módulo de ensino, sendo visualizado mais pontualmente a partir da Avaliação Diagnóstica 1 e Avaliação Diagnóstica 2. Para isso, como proposto por Duncan e Hmelo-Silver (2009, p. 606), as progressões de aprendizagem possuem quatro características, primeiramente as progressões de aprendizagem são pensadas a partir das práticas disciplinares que são fundamentais, na sequência são analisadas as perspectivas estabelecidas a partir dos conteúdos. A partir disso, as progressões de aprendizagem são analisadas segundo níveis, em que se observa como se deu a aprendizagem do aluno em um determinado domínio. Para completar essas etapas são analisados como e quais foram os conteúdos almejados, aproveitados. As progressões de aprendizagem são processos em que com base em estudos são projetados e analisados o desenvolvimento do raciocínio e conhecimento dos alunos sobre determinado tema, podendo fornecer uma análise sobre a metodologia e todo o contexto educacional que está sendo utilizado. Sendo assim, no presente trabalho serão analisadas as progressões de aprendizagem que os alunos tiveram a fim refletir sobre as práticas aplicadas, levantando a possibilidade de aperfeiçoamento do módulo de ensino, podendo assim enriquecer futuramente este trabalho.

O método de estudo proposto para o desenvolvimento desta pesquisa ampara-se em aspectos qualitativos na coleta de dados, a partir da Avaliação Diagnóstica I e Avaliação Diagnóstica II, além de atividades ao longo das aulas, caracterizando-se por ser um estudo

avaliativo longitudinal (WHITE, 2005), ao longo da aplicação do módulo de ensino. Nas próximas seções será apresentado o contexto do estudo, seus respectivos participantes, quais foram os instrumentos de coleta de dados, os recursos didáticos utilizados, a fim de analisar a evolução conceitual dos estudantes a partir desta pesquisa.

3.1 PARTICIPANTES E CONTEXTO DA PESQUISA

A turma participante da investigação são alunos da 3ª série do Ensino Médio, do Colégio Estadual São Cristóvão EFM, na cidade de Capanema PR. O módulo de ensino foi aplicado na disciplina de Física e ministrado pela autora da pesquisa. Houve a participação de 18 alunos que produziram os dados a serem analisados no próximo capítulo. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento a fim de participarem do estudo disposto no apêndice 6 deste trabalho.

No grupo de 18 estudantes, havia 7 alunos do sexo masculino e 11 do sexo feminino, estes com uma média de idade de aproximadamente 16 anos. Para garantir o anonimato da pesquisa os alunos foram nomeados conforme números de 1 a 10, denominados por E1, E2, E3, e assim por diante. Para a análise das avaliações diagnósticas feitas através de desenhos, a dos 18 alunos participantes foi retirada uma amostra de trabalho de 10 alunos, estes a serem dispostos na sequência deste trabalho e também analisados de acordo com o referencial teórico delineado no Capítulo 2. Todos os participantes já tinham um contato prévio com a Física, pois tiveram essa disciplina nos dois primeiros anos do ensino médio, os conteúdos pertinentes a essa série, mas, no entanto, no que se referem à Física Moderna, os mesmos possuíam uma informação muito precária, por vezes inexistente.

O módulo de ensino foi aplicado a partir de 8 horas/aula e foram programadas no período vespertino, no mesmo momento das aulas semanais, sendo 2 horas/aula semanais, entre os meses de abril a maio de 2015. O principal objetivo deste módulo de ensino foi permitir que os alunos se envolvessem e participassem das variadas multirrepresentações e da prática por desenhos, avançando no seu conhecimento no que se refere à Física de Partículas. As atividades detalhadas na próxima seção foram alinhadas de acordo com os objetivos presentes neste estudo. As aulas aplicadas foram constituídas por atividades e discussões que abordem o conteúdo de Física de Partículas, Partículas Elementares e o Modelo Padrão, o Elétron e o Pósitron.

3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS – APLICAÇÃO DO REFERENCIAL ANALÍTICO

No processo de coleta de dados para o estudo presente nesta pesquisa foi recorrido a técnicas próprias da investigação qualitativa: a produção escrita, produção de desenhos, discussão de textos. Utilizando-se de múltiplas fontes de dados por permitir e assegurar as diferentes perspectivas dos estudantes, possibilitando várias visões de um mesmo fenômeno. Todas as atividades utilizadas foram escritas em relação aos objetivos do estudo, permitindo que novas atividades também fossem introduzidas durante a aplicação da estratégia didática proposta.

3.3 RECURSOS DIDÁTICOS

Todas as atividades listadas no quadro 1 foram produzidas especificamente para o módulo de ensino aplicado à disciplina específica. Este trabalho foi aplicado no ambiente escolar, no qual o trabalho foi por vezes individual, por outras cooperativas, de acordo com os objetivos/interesses de cada atividade. Nas atividades individuais os estudantes se focavam em descrever, desenhar as concepções e conhecimentos individuais que cada um possui. Já nas atividades em grupo os alunos puderam comparar suas respostas com a dos colegas e também se integrarem a fim de resolverem os desafios propostos, assim como ajudar um ao outro e com o professor a fim de sanarem as suas dificuldades.

Pretendeu-se assim, durante a aplicação do módulo de ensino que os alunos trabalhassem por meio de exercícios, desenhos, leitura e discussão de textos, vídeos e jogos.

Quadro 1. Cronograma de atividades e conteúdos programáticos

Aula	Conteúdo
1° (13/04)	Introdução a partículas elementares. Avaliação diagnóstica 1. Conceitos relevantes ao entendimento: elementar, massa, spin, forças de interação. Vídeo e atividades.
2° (15/04)	Aplicações das partículas e o trabalho do brasileiro César Lattes. Discussão de imagens, leitura e discussão do texto.
3° (20/04)	Conhecendo as partículas e o modelo padrão. Slides, explanação do conteúdo. Atividades x caça-palavras.
4° (22/04)	Conhecendo as partículas e o modelo padrão, mais especificamente o elétron.

	Avaliação diagnóstica 2.
5° (27/04)	Conhecendo as partículas mais especificamente o pósitron e a interação entre pósitron e o elétron. Avaliação diagnóstica 2.
6° (29/04)	Aceleradores de partículas. Vídeo e exercícios.
7° (04/05)	Revisão dos conceitos, Trilha das Partículas.
8° (06/05)	Retomada dos conteúdos trabalhados. Avaliação diagnóstica 3.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 CONTEÚDOS E OBJETIVOS INSTRUCIONAIS.

Nesta seção serão associados os conteúdos abordados com as atividades propostas, e os papéis desempenhados pelas multirrepresentações por cada atividade, a fim de detalhar o processo de ensino e aprendizagem ao longo do módulo de ensino. Como já mencionada, o desenvolvimento desta unidade didática será utilizada uma abordagem que se baseie nos fundamentos dos multimodos e multirrepresentações no ensino de Física, levando em conta que abordando um conteúdo de variadas formas se podem alcançar um público alvo maior, levando estes a uma compreensão mais profunda do conteúdo proposto.

Aula 1 - Iniciando a aplicação do Módulo de Ensino foi levantada a discussão das Partículas Elementares, dando uma breve visão do que será trabalhado nas aulas. Para levantar os conhecimentos prévios dos alunos, foi proposta uma Avaliação Diagnóstica 1 (pré-teste) através de questões abertas descritivas. E também através de uma discussão a apresentação de alguns conceitos, foi proposto aos alunos um desenho inicial sobre as partículas, suas concepções iniciais, sobre átomo e as partículas (Anexo 1). Nesse momento, além de levantar o conteúdo a ser trabalhado no módulo de ensino foi utilizado o desenho, como uma atividade multirrepresentacional, da forma que as atividades descritivas se complementavam com o desenho a fim de levantar e compreender quais os conhecimentos prévios que os estudantes possuíam pelo assunto abordado.

Após isso foi levantada uma discussão da evolução do conhecimento científico, quais foram às evoluções do conceito de modelo atômico, desde, por exemplo, os quatro elementos fundamentais da natureza, até o modelo atômico atual e o surgimento das partículas. Essa discussão de conceito de átomo se expande então a procurar compreender os conceitos fundamentais como elementar, carga, massa, spin, forças de interação, estudando assim o que são as partículas e como se comportam.

Aula 2 - Já compreendendo então o que é uma partícula e como esta se comporta, é importante considerar, que o aluno tem seu interesse despertado a partir do momento que vê

alguma aplicação prática para este conteúdo, devido a isso, foram levantadas diversas situações de aplicações de partículas em nosso cotidiano, como na saúde e tecnologias por exemplo. Trabalhando com a aplicação da Física de Partículas no nosso dia a dia, foi proposta a turma o texto "Cesar Lattes e o Méson" (Anexo 1), fazendo a leitura e a discussão de questões, levantando a importância do físico paranaense no desenvolvimento da ciência e da Física no Brasil e no mundo. Além do texto, foi passada uma reportagem que relata um pouco da biografia de Cesar Lattes disponível no link: <http://www.youtube.com/watch?v=i6nqu-UEalU>.

Aula 3 - Dando sequência à aplicação da unidade didática, foi iniciado o estudo "Conhecendo as partículas", para isso foi apresentado aos alunos um leque de imagens que remetem às partículas a serem estudadas no decorrer das aulas. Utilizando o livro "*O discreto charme das Partículas Elementares*" e também o artigo "*Sobre o discreto charme das Partículas Elementares*", ambos publicados pela autora Maria Cristina Batoni Abdalla, para discutir as partículas do modelo padrão, bem como suas características, como se deu sua descoberta e em qual família do modelo padrão se encontra. Para reforçar o que havia sido trabalhado até o momento foi passado aos estudantes uma lista de atividades e um caça palavras (Apêndice 2).

Aula 4 - Para a construção das informações necessárias para o entendimento das partículas do modelo padrão foi feita uma explicação geral, descrevendo quais são as partículas inclusas neste modelo, em qual grupo se inserem e quais as características de cada grupo (léptons, quarks e partículas mediadoras), quais então seriam as propriedades necessárias para determinada partícula se inserir em cada grupo. Na sequência foi trabalhado mais especificamente o elétron, trabalhando com mais enfoque nesta partícula, fazendo então uma discussão histórica e buscando compreender quais suas características e aplicações. Para isso foi utilizado a metodologia de desenhos, ou seja, os alunos tiveram inicialmente um primeiro contato com o desenho de todas as partículas e agora neste momento os mesmos iriam construir individualmente seus desenhos, sobre como entendem ser o elétron e levando em conta todas as características e propriedades do mesmo. Atividade esta que compõe a avaliação diagnóstica 2.

Aula 5 - Na sequência será proposto o mesmo trabalho para o pósitron, primeiramente foi explicado os conceitos envolvidos, a ideia de antipartícula, buscando o que os mesmos aprenderam sobre o elétron para a construção da ideia de pósitron. Através dessa discussão será proposto que os alunos construam um desenho sobre o pósitron, apresentando para a turma os seus dois desenhos, do elétron e do pósitron, falando das suas características, e

fazendo um comparativo do primeiro desenho feito na avaliação diagnóstica 1, e esse segundo desenho observando então quais foram as evoluções conceituais que houveram com a construção dos desenhos. Através dessa atividade será apresentado o modelo padrão e levantado a seguinte questão: Em que casa do modelo padrão vocês acham que se encaixam os desenhos de vocês? Por quê? Para assim perceber qual o papel/ ou cargo que o elétron ocupa no modelo padrão e também o porquê o pósitron não se encaixa exatamente no modelo padrão.

Dando sequência a este trabalho, foi estudada então a interação entre o elétron e o pósitron, quais seriam os resultados dessa reação, como a aniquilação e a produção. Da mesma forma foi proposto então a construção de desenhos, que então representassem essa interação, e após a construção deste desenho a turma foi dividida em grupos de 4 alunos para que comparassem seus desenhos, podendo observar quais os pontos conceituais positivos que os desenhos tiveram e quais os pontos que foram de certa forma equivocadas.

A aplicação da unidade didática foi aplicada até a 5ª aula, sendo que nesse momento se iniciou a Greve Geral dos Educadores. Devido a isso as atividades propostas na sequência estavam no planejamento e daria sequência ao estudo dos conteúdos propostos.

Aula 6 - Após ter sido trabalhado as partículas elementares e o modelo padrão seriam abordados o conteúdo dos Aceleradores de Partículas. Complementando o assunto seria proposto um vídeo aos alunos, em que o professor Marcelo Gleiser fala sobre o acelerador de partículas LHC (Large Hadron Collider) a maior máquina de todos os tempos, que procura entender do que somos feitos, disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=VO0bNuO3o4w>. Para compreender melhor o funcionamento dos aceleradores, seria feita uma explicação teórica sobre questões relativas à física de altas energias e passado um exercício aos alunos que se relaciona com conceitos envolvendo os aceleradores (Anexo 2).

Aula 7 - Dando sequência a este trabalho, os alunos seriam apresentados ao jogo chamado de Trilha das Partículas (Apêndice 3). Para a realização desta atividade os alunos seriam organizados em grupos de quatro alunos, onde cada aluno possuiria um marcador, indicado por cores diferentes e um dado para nortear o caminho do jogo. Cada casa da trilha possui informações, curiosidades, aplicações científicas tecnológicas, cartas surpresas com desafios e questões sobre o conteúdo de Partículas Elementares, mais especificamente o Modelo Padrão. O aluno que chegar ao fim da trilha após ter realizado todas as tarefas do jogo e respondido as questões seria o vencedor.

Aula 8 - Para finalizar a aplicação da unidade didática seria feito uma revisão dos

conceitos que foram trabalhados nas seis aulas, a fim de possibilitar aos alunos uma revisão dos conteúdos abordados e também uma discussão sobre colocações e dúvidas existentes. Para finalizar a atividade seria proposta uma lista de atividades (Avaliação Diagnóstica 2 – apêndice 4), que englobe os assuntos trabalhados, esta lista é composta por: questões objetivas e discursivas, montagem de um quebra-cabeça sobre o modelo padrão e também um texto com uma questão aberta, questionando o aluno sobre qual o conteúdo ou informação abordada que lhe chamou mais atenção e que teve uma compreensão mais profunda. Além disso, seria retomada da discussão dos desenhos, discutindo sobre a construção dos mesmos ao longo das aulas.

4 ANÁLISES DOS DADOS

A partir dos estudos sobre os Caminhos da Evolução Conceitual, primeiramente se estabelece quais as práticas disciplinares fundamentais para o processo de ensino e aprendizagem, após isso, quais os conteúdos essenciais dessas práticas disciplinares. Dessa forma inicialmente tinha-se como objetivo levar aos alunos o contato com o conteúdo de Física de Partículas, tendo em vista previamente que a noção que os mesmos tinham sobre esse conteúdo era precária, ou superficial.

4.1 SOBRE AS AVALIAÇÕES DIAGNÓSTICAS

A análise de dados foi dividida em três etapas. A primeira etapa se constituiu na Avaliação diagnóstica 1, no qual os estudantes descreveram seus conhecimentos prévios através de questões dissertativas sobre o modelo atômico, as partículas elementares e o modelo padrão. Complementando a esta avaliação, houve a atividade de desenhos sobre as partículas, em que os alunos representariam duas partículas com base nas características expostas, mas sem conhecer estas partículas previamente. Seguindo o planejamento estabelecido, se fazia necessário um entendimento sobre: O modelo atômico atual, o que são partículas, definir partícula elementar e sua aplicação na ciência e no cotidiano, trabalhar mais especificamente o elétron e o pósitron, conhecendo como se deu a descoberta das mesmas, suas características, e que ocorrem no processo de aniquilação destas.

Dessa forma primeiramente cabe destacar que os alunos em sua grande maioria possuíam a noção de que o átomo era composto pelo núcleo e eletrosfera, estes formados por prótons, elétrons e nêutrons. A partir da Avaliação Diagnóstica 1 procurou-se investigar quais concepções iniciais, conhecimentos prévios que os alunos teriam sobre Física de Partículas, Partículas Elementares, modelo padrão e também sobre a aplicação destes conteúdos em nosso cotidiano. Para isso, foi proposto um questionário (Apêndice 1) e uma atividade de desenho, colocando aos estudantes, sujeitos participantes da pesquisa, que desenhassem com base em três características duas partículas a A e B. Nesse momento os alunos não sabiam que as características que estavam sendo colocadas se tratavam de propriedades do elétron e do pósitron.

A segunda etapa da coleta de dados se consistiu na Avaliação diagnóstica 2, nesta atividade os estudantes deveriam representar o elétron, o pósitron e a interação entre ambos,

para isso os alunos tiveram uma explicação do conteúdo e uma discussão das características e propriedades de cada partícula. Nestas representações foi sugerido aos alunos que evidenciassem todas as características das partículas e no momento em que alguém olhasse os desenhos conseguisse identificar como é tal partícula. Através dessa atividade, procurou-se observar e analisar a evolução conceitual que os alunos tiveram da Avaliação diagnóstica 1 para a Avaliação diagnóstica 2, para dessa forma avaliar quais foram os pontos positivos da aplicação da unidade didática e quais os pontos que deveriam ser melhor trabalhados em uma próxima abordagem. Sendo assim, para o questionário foram coletadas todas as respostas dos 18 participantes da pesquisa e dispostas no quadro 1, e para a Avaliação diagnóstica 1 e 2 no que se referem aos desenhos, será exposto os resultados de uma amostra de 10 alunos conforme disposto nas seções abaixo.

4.2 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 1 POR MEIO DO QUESTIONÁRIO DESCRITIVO.

Em primeiro lugar os estudantes responderam um questionário sobre os conceitos a serem trabalhados na unidade didática, com o objetivo de fazer o levantamento das concepções iniciais a respeito do conteúdo abordado. Os resultados dessa primeira parte da avaliação estão expressos na Tabela abaixo, que representam dados do questionário referente à Avaliação diagnóstica 1 proposta na metodologia deste trabalho e disposta no apêndice 1.

Quadro 2 – Conteúdo Abordado e Resposta dos Alunos para o questionário

Conteúdo abordado	Respostas dos alunos	Frequência das respostas
Modelo atômico	Núcleo e eletrosfera (prótons, elétrons e nêutrons).	11
	Núcleo e eletrosfera (prótons, elétrons e nêutrons), elétrons distribuídos em camadas eletrônicas.	3
	Átomo indivisível.	4
Partículas	Pequenas substâncias que compõem nosso corpo constroem as coisas.	8
	Pequenos átomos.	10
Modelo Padrão	Modelo que une várias partes ou elementos iguais.	6
	Esquema que organiza os átomos.	5

	Não ouviram falar.	7
Aplicações da Física Moderna	Em tudo ao nosso redor, aparelhos da medicina, celulares, robôs, eletricidade aparelhos de raios-X.	16
	Leis de Newton, gravidade, teoria da relatividade.	1
	Não ouviram falar.	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das atividades realizadas pelos alunos, se observou que primeiramente os alunos possuíam uma noção de modelo atômico, composto por núcleo e eletrosfera (prótons, elétrons e nêutrons), ou seja, suas concepções se amparavam ainda no modelo proposto por Ernest Rutherford no início do século XX, sendo que uma minoria evoluía para o modelo de camadas proposto por Bohr, não acompanhando dessa forma a evolução científica que se teve a partir disso, não compreendendo que neste mesmo átomo em que estudaram por anos nos livros didáticos e nas séries anteriores têm também em sua composição partículas. No que se refere a partículas e ao modelo padrão o que se evidencia é que a noção que os estudantes tinham era bastante superficial, por horas inexistentes. Isto também se confirma na produção de desenhos, em que nesse momento não se percebeu nenhuma ilustração que se amparasse em explicações científicas por exemplo.

4.3 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 1 E 2 POR MEIO DOS DESENHOS.

Partindo do pressuposto de avaliar as concepções prévias dos alunos, foi proposto a eles a Avaliação diagnóstica 1/ desenhos, nesse momento foi colocado aos estudantes três características de partículas: massa, carga elétrica e spin, para a partir disso ilustrarem sobre como imaginavam o formato e as características dessas partículas. As partículas em questão se tratavam do elétron e do pósitron, mas neste momento não era exposto aos estudantes esse ponto, com o intuito de abordar isso na Avaliação diagnóstica 2.

Dando sequência à aplicação da unidade didática, após a explicação de vários conceitos pertinentes ao assunto, como propriedades e características e interações fundamentais das partículas, foi levantada a discussão do surgimento dessas partículas, partindo do elétron, como este foi descoberto, desde o experimento do tubo de raios catódicos até as conclusões que se tem da partícula atualmente, como sendo uma partícula elementar, portador de carga negativa, de massa relativamente leve, por exemplo. Para o trabalho deste conceito foi proposta a atividade diagnóstica 2 de desenho, que a partir de uma ilustração os

alunos deveriam descrever o elétron com todas as características que foram estudadas. Na sequência foi trabalhado o pósitron como sendo a antipartícula do elétron e a interação entre eles. Os desenhos construídos pelos alunos são apresentados na sequência.

4.3.1 Análise do Estudante 1 – E1

Nesta subseção apresentamos as ilustrações relativas a avaliação diagnóstica 1 e 2 correspondentes ao estudante 1.

Avaliação diagnóstica 1.



Figura 3 Representação partícula A E1

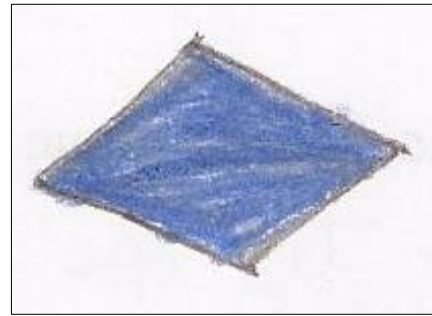


Figura 4 Representação partícula B E1

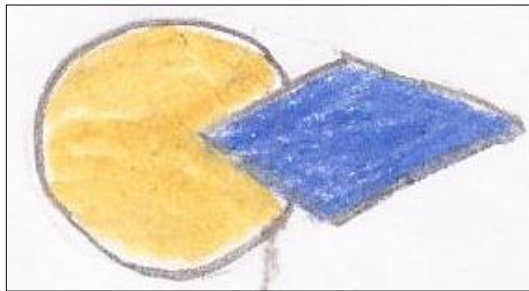


Figura 5 Representação interação entre partícula A e B E1

Na avaliação diagnóstica 1, percebe-se que o aluno possui uma noção bastante limitada de partícula. Observa-se que este representou as partículas como sendo objetos unitários, no caso a partícula A foi representada como sendo um círculo amarelo e a partícula B por possuir carga oposta o mesmo o diferenciou pela cor e formato, no caso a partícula B ilustrada no formato de um losango azul. Já na interação entre as partículas o que se observa é que essa gera uma superposição das partículas, como sendo por exemplos, peças de um quebra cabeça, não demonstrando nenhum efeito físico associado.

Avaliação diagnóstica 2

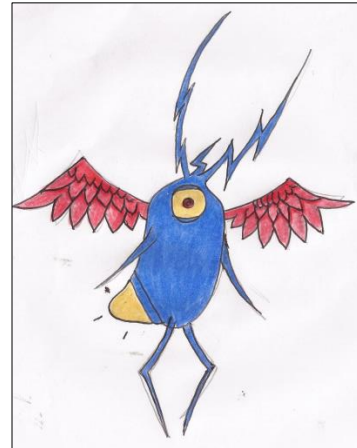


Figura 6 Representação do Elétron EI

Figura 6 Representação Pósitron EI

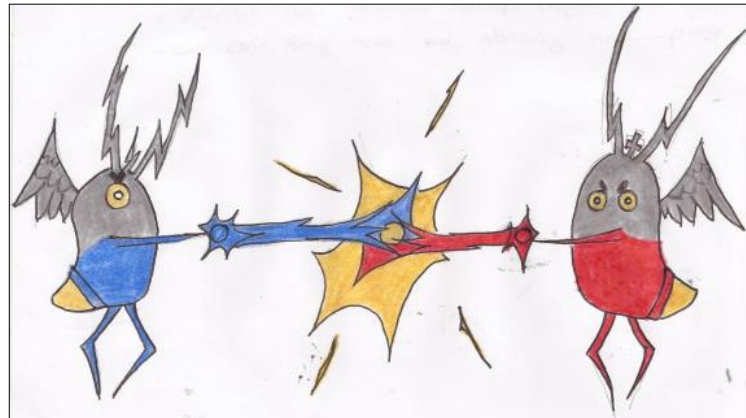


Figura 7 Representação da interação par Pósitron Elétron aluno 1

Já na segunda avaliação o mesmo aluno ilustra as partículas, nesse momento sendo identificadas por elétron e pósitron. Nesse desenho percebe-se que o estudante associou diversas características, como por exemplo, a carga elétrica representada pelas antenas, à presença de massa representada pelo corpo das partículas e a massa, neste caso leve, ilustrado por meio das asas. O pósitron possui olhos e cores diferentes representando a característica da carga oposta da antipartícula. No caso da interação o aluno representou a aniquilação, em que a interação entre as duas partículas gerou o fóton, evidenciado através do feixe de luz.

Com isso, observa-se uma evolução conceitual dos desenhos, sendo que na avaliação diagnóstica 2 o estudante se amparou em características e propriedades para ilustrar as partículas e sua interação. Neste caso podemos relacionar que a atividade de desenho atuou como uma nova representação que auxiliou o aluno a refinar os conhecimentos e dessa forma construir um conhecimento mais profundo sobre o conteúdo em questão.

4.3.2 Análise do Estudante 2 - E2

Nesta subseção apresentamos as ilustrações relativas à avaliação diagnóstica 1 e 2 correspondentes ao estudante 2.

Avaliação diagnóstica 1



Figura 8 Representação partícula B E2

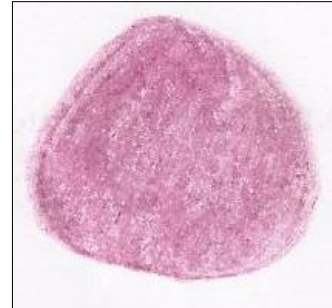


Figura 9 Representação partícula A E2

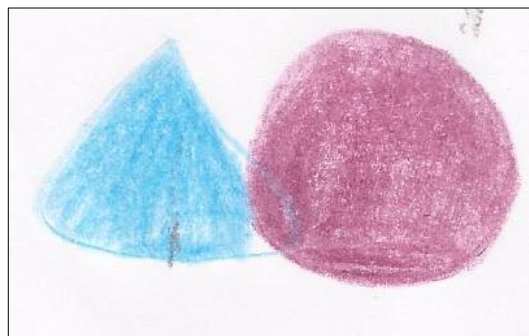
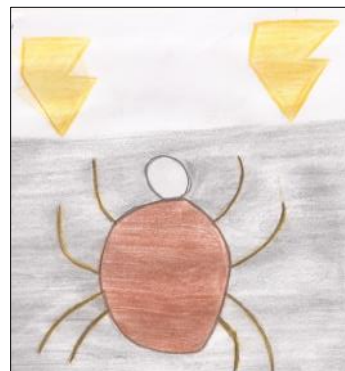
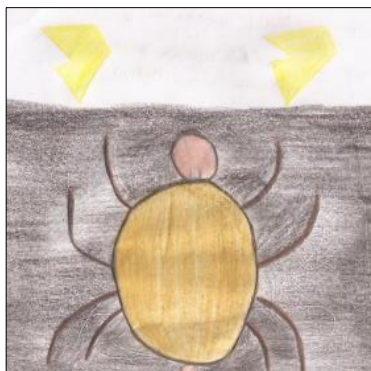
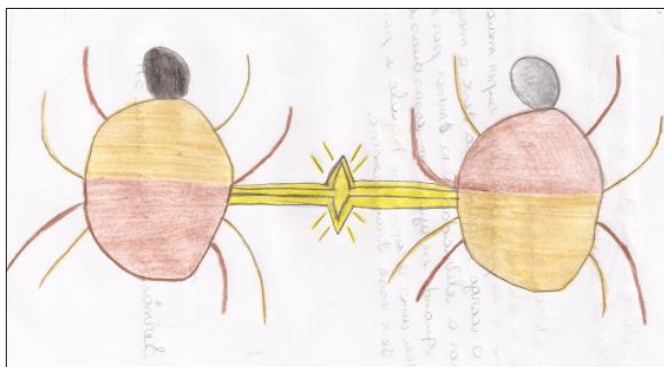


Figura 10 Representação interação Partícula A e B E2

Semelhante ao E1, este também representa as partículas como sendo corpos unitários, representados nesse caso por uma "cozinha" azul e um círculo roxo, da mesma forma fez uma diferenciação em relação à carga oposta do pósitron em relação ao elétron. Já na reação estes simplesmente se aproximaram. Fica evidente então que os conhecimentos prévios são muito precários, ou até inexistentes.

Avaliação diagnóstica 2



*Figura 12 Representação Elétron E2**Figura 13 Representação Pósitron E2**Figura 14 Representação interação par Pósitron Elétron A e B E2*

O aluno utiliza de uma representação "animal" para demonstrar que as partículas possuem movimento, podem passar pelas camadas eletrônicas e possui certa propriedade relacionada à carga elétrica, evidenciada pelos raios amarelos acima das partículas. No entanto ainda a ideia de partícula constituída por partes é relacionada, pois se percebe que este possui cabeça por exemplo. Já na interação entre as partículas ocorre uma transformação, gerada pelo elétron e pelo pósitron e essa transformação é chamada de aniquilação que pode gerar eletricidade, como demonstrado na figura. Observa-se que há uma evolução conceitual ao longo das atividades, sendo percebido que a utilização do desenho auxiliou o estudante a construir sua própria representação podendo complementar os conhecimentos prévios que possuía. No entanto também é evidente que os mesmos precisam ser refinados ou melhorados, amparando-se ainda mais nos conceitos científicos relacionados.

4.3.3 Análise do Estudante 3 - E3

Nesta subseção apresentamos as ilustrações relativas à avaliação diagnóstica 1 e 2 correspondentes ao estudante 3.

Avaliação diagnóstica 1



Figura 11 Representação partícula A E3



Figura 12 Representação partícula B E3

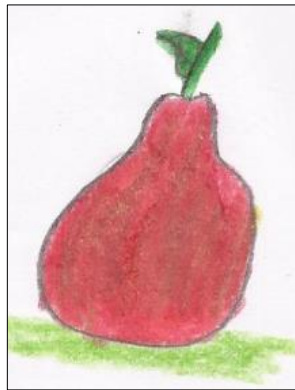


Figura 13 Representação da interação partícula A e B E3

Neste caso temos um desenho baseado numa ilustração representando frutas, dessa forma percebe-se que o estudante não possui nenhum conhecimento prévio do assunto, pois representa as partículas sem algum conceito científico relacionado. Já no questionário o mesmo destaca que as partículas são moléculas que forma os objetos, as coisas.

Avaliação diagnóstica 2.



Figura 14 Representação do Pósitron E3



Figura 15 Representação do Elétron E3



Figura 16 Representação interação par Pósitron Elétron E3

Neste caso, a evolução conceitual fica bem clara, pois de uma mera ilustração de frutas, o mesmo avançou para a representação de um personagem que possui carga elétrica associada, o elétron negativo e o pósitron positivo, também se caracteriza por ser uma partícula leve, pois como o próprio estudante salientou, seu corpo está representado por um esqueleto. Outra característica destacada é a presença de movimento das partículas representada pelos pés. No caso da interação houve o processo de aniquilação que gerou um feixe luminoso, o fóton, mas este efeito gera resíduos, tendo em vista que a presença de uma terceira partícula resultado da soma das duas ainda é notada. O estudante em sua atividade utilizou uma nova representação a fim de refinar e construir uma nova imagem das partículas, imagens estas atreladas em características que foram estudadas no decorrer da unidade didática.

4.3.4 Análise do Estudante 4 - E4

Nesta subseção apresentamos as ilustrações relativas à avaliação diagnóstica 1 e 2 correspondentes ao estudante 4.

Avaliação diagnóstica 1

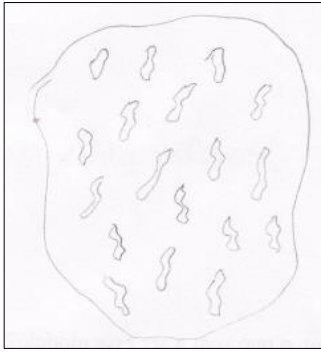


Figura 17 Representação partícula B E4

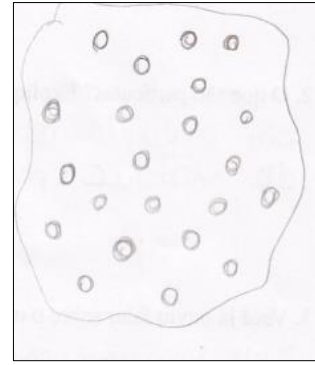


Figura 18 Representação partícula A E4



Figura 19 Representação interação partícula A e B E4

Observando estas ilustrações em primeiro lugar percebem-se diferenças entre as outras, no que se refere à forma, neste caso a partícula não tem um formato bem definido e é representado por ser um conjunto de átomos que formam pequenas partes de matéria, nesse caso a poeira, o que diferencia a partícula A para a partícula B, são os formatos das partículas, na primeira figura temos um formato um pouco alongado e na segunda, circular. Na interação entre elas ocorre uma junção, como se as partículas se misturassem, sem se referir a nenhuma reação física ou algo deste tipo.

Avaliação diagnóstica 2.

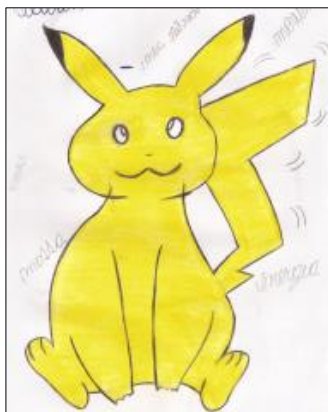


Figura 20 Representação pósitron E4

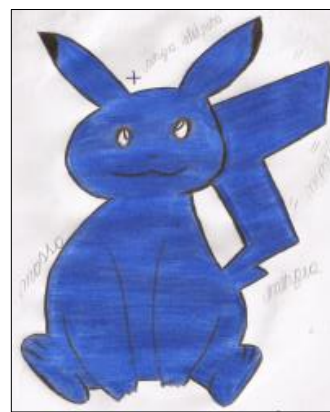


Figura 21 Representação elétron E4



Figura 22 Representação interação par pósitron elétron E4

Observa-se que neste caso a evolução fica bastante evidente, sendo que o próprio estudante destaca as características do personagem, tendo este massa, energia, movimento e carga elétrica, ou seja, qualifica o desenho segundo essas propriedades. Já a partícula B continua com as mesmas características, mas tem uma mudança na carga elétrica que passa a ser oposta "positiva" e esta propriedade também é bem destacada através da cor do personagem. Da interação, resulta um feixe elétrico (fóton) gerado pela aniquilação das partículas, sem gerar resíduos, neste caso não se tem associado o formato das partículas. Observa-se com as ilustrações do estudante 4 que o mesmo teve uma evolução bastante significativa, no que diz respeito a mudança de representação da primeira avaliação para a segunda, o aluno relacionou e destacou características que justificam que para esse caso o desenho auxilio num processo de aprendizagem mais profunda sobre o conteúdo em questão.

4.3.5 Análise do Estudante 5 - E5

Nesta subsecção apresentamos as ilustrações relativas à avaliação diagnóstica 1 e 2 correspondentes ao estudante 5.

Avaliação diagnóstica 1

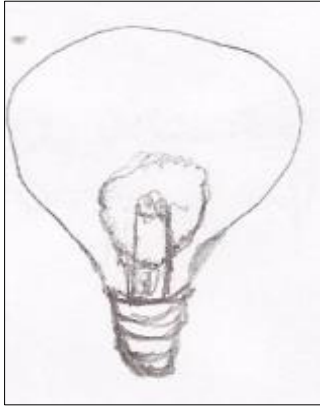


Figura 23 Representação partícula B E5

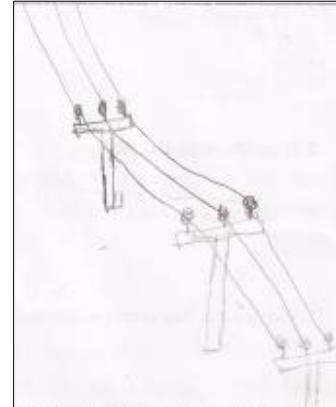


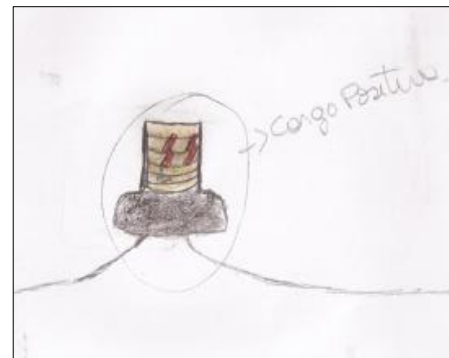
Figura 24 Representação partícula A E5



Figura 25 Representação interação partícula A e B E5

A ilustração do E5 vem representando objetos como sendo partículas, o que se observa é que o aluno associa partícula à matéria, ou seja, algo que possa ocupar lugar no espaço e também que possa gerar energia através da interação, neste caso ilustrando a lâmpada e a rede de energia elétrica.

Avaliação diagnóstica 2.



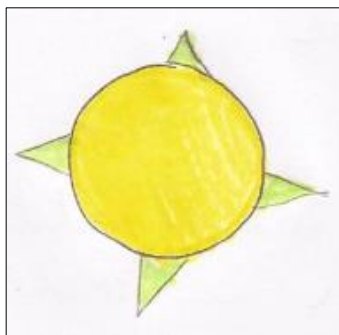
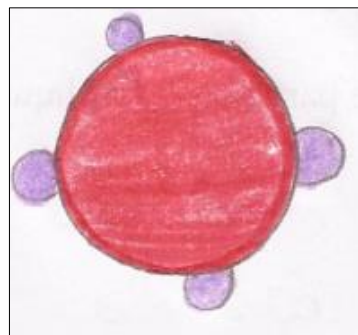
*Figura 26 Representação pósitron E5**Figura 27 Representação elétron E5**Figura 28 Representação interação par pósitron elétron E5*

Na segunda avaliação se observa uma evolução pequena, sendo que suas ilustrações continuam amparadas nos mesmos objetos, o único ponto que houve mudança foi que o mesmo destacou as características de carga elétrica positiva e negativa e a geração de um feixe luminoso pela interação entre as partículas. É notável que ainda se faz necessário um refinamento dos desenhos e atrelado a isso o aprofundamento e o reforço dos conteúdos. Primeiramente precisamos considerar que o estudante desde sua primeira representação tinha a interação entre as partículas como uma reação física que poderia gerar energia, neste caso já se tinha um conhecimento prévio que poderia ser refinado para construir imagens mais relacionadas com os conceitos estudados.

4.3.6 Análise do Estudante 6 - E6

Nesta subseção apresentamos as ilustrações relativas à avaliação diagnóstica 1 e 2 correspondentes ao estudante 6.

Avaliação diagnóstica 1

*Figura 29 Representação partícula B E6**Figura 30 Representação partícula A E6*

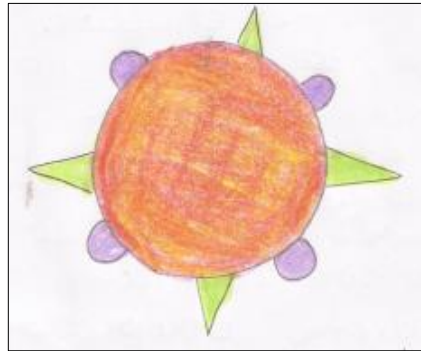


Figura 31 Representação interação partícula A e B E6

Segundo a aluna as partículas são pequenas partes que constituem algo, os átomos constituem as moléculas que constituem, por exemplo, todas as coisas, esta representa as partículas como elementos circulares coloridos, mas que possui associados algumas bolinhas e triângulos, ideia esta que evidencia que as partículas não são unitárias ou elementares. Na interação há uma soma entre elas, resultando em uma terceira partícula com formato circular e com características relacionadas às duas primeiras partículas.

Avaliação diagnóstica 2.

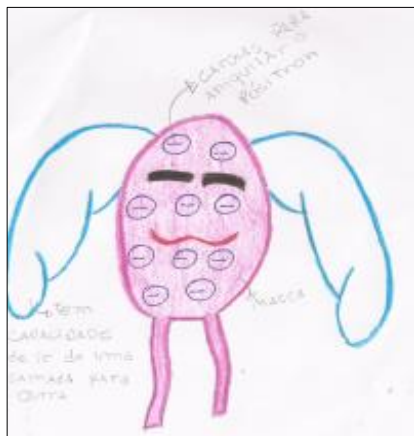


Figura 32 Representação Pósitron E6



Figura 33 Representação Elétron E6



Figura 34 Representação interação par pósitron elétron E6

No desenho acima o estudante representa as partículas como sendo elementares e que possui uma massa relativamente leve, possui asas, tem movimento e carga elétrica associada, é esta característica que diferencia as duas partículas, o elétron é (-) negativo e o pósitron (+) positivo. No caso da interação há um efeito físico que gera energia, demonstrado através do feixe luminoso, mas, no entanto, a estrutura da partícula é mantida. Observa-se que para o E6 há uma significativa evolução, pois na avaliação diagnóstica 1 o mesmo não evidenciava característica alguma, ou seja, não estava amparado em nenhum conceito científico. Já na avaliação diagnóstica 2 temos desenhos que representam partículas com carga elétrica, energia e massa por exemplo. O aluno nesse caso, conseguiu usar uma das multirrepresentações propostas na unidade didática, neste caso o desenho, como algo a melhorar o seu entendimento, pois o mesmo ao fazer as ilustrações na avaliação diagnóstica 2 se mostrou com um amparo conceitual mais sólido.

4.3.7 Análise do Estudante 7 - E7

Nesta subseção apresentamos as ilustrações relativas à avaliação diagnóstica 1 e 2 correspondentes ao estudante 7.

Avaliação diagnóstica 1



Figura 35 Representação partícula B E7

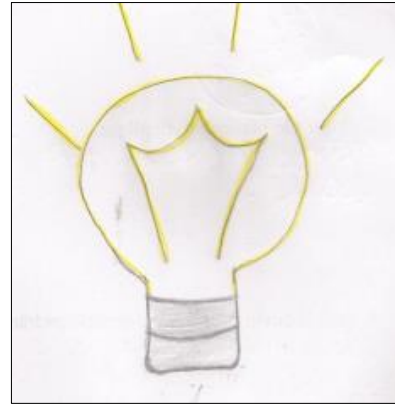


Figura 36 Representação partícula A E7

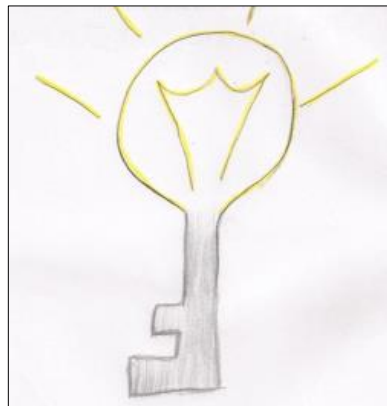
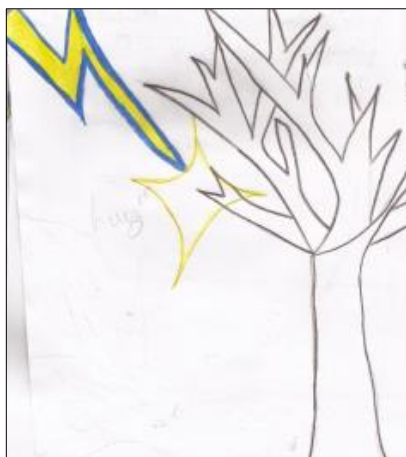


Figura 37 Representação interação partícula A e B E7

O aluno faz menção às partículas como objetos, onde na aniquilação estes são unidos formando um só. Para este estudante as partículas são microelementos que possuem eletricidade, tendo uma visão muito superficial por vezes inexistente do conteúdo científico em questão.

Avaliação diagnóstica 2.



*Figura 38 Representação elétron E7**Figura 39 Representação pósitron E7**Figura 40 Representação interação par pósitron elétron E7*

Já no desenho do elétron e do pósitron primeiramente o estudante descreve como sendo um personagem unitário, que possui carga elétrica e de massa leve e, no caso do pósitron, o desenho fica bastante abstrato representando por galhos secos que evidenciam raios sem vida. No caso do processo de aniquilação ocorre uma reação entre os dois gerando um feixe elétrico, o fóton. Observa-se certa criatividade do aluno, representando objetos que possam até serem considerados pitorescos em relação ao conceito científico, como por exemplo, chave e lâmpada, mas, no entanto, este relaciona na segunda atividade algumas características que enriquecem seu trabalho e também que demonstra uma evolução conceitual da primeira avaliação para a segunda.

4.3.8 Análise do Estudante 8 - E8

Nesta subseção apresentamos as ilustrações relativas à avaliação diagnóstica 1 e 2 correspondentes ao estudante 8.

Avaliação diagnóstica 1



Figura 41 Representação partícula A E8



Figura 42 Representação partícula B E8



Figura 43 Interação partícula A e B E8

O estudante se refere às partículas como sendo as menores unidades do universo e que estão por toda a parte. Em sua ilustração representa as partículas como sendo elementos unitários que possuem movimento e carga elétrica associada, para diferenciar as cargas opostas ele destaca as cargas positivas e negativas no desenho, também se pode observar que as partículas não possuem exatamente um formato esférico, mas que associado a esse formato há deformidades. Neste caso a aniquilação gera uma junção das duas partículas com uma energia associada e com tamanho em proporção maior.

Avaliação diagnóstica 2.



Figura 44 Representação elétron E8



Figura 45 Representação pósitron E8



Figura 46 Representação interação par pósitron elétron E8

Para representar o elétron e o pósitron o aluno utiliza o personagem do Saci Pererê, associando à partícula certo movimento, massa e energia, ambos bem destacados no desenho. As cargas opostas são evidenciadas pelas cargas destacadas na cor da roupa do saci, em que o elétron é representado pelo saci de roupa amarela e o pósitron sua antipartícula em que o saci está com roupa na cor verde. A interação que ocorre entre as partículas se dá a partir da junção das duas, mas seguidas de um anel azul, que segundo o E8 é o fóton, energia luminosa associada ao efeito físico gerado pela interação. Primeiramente cabe destacar que já na primeira avaliação o estudante tinha associado às ilustrações certas características como spin associado e energia, tendo já algumas concepções físicas das partículas. Avançando para a segunda avaliação o aluno então aperfeiçoou seu desenho, neste caso usando um personagem

e associando mais características principalmente na interação entre as partículas.

4.3.9 Análise do Estudante 9 - E9

Nesta subseção apresentamos as ilustrações relativas à avaliação diagnóstica 1 e 2 correspondentes ao estudante 9.

Avaliação diagnóstica 1



Figura 47 Representação partícula A E9

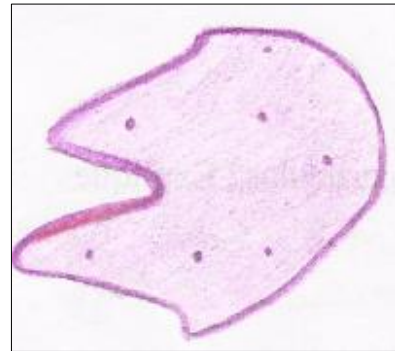


Figura 48 Representação partícula B E9

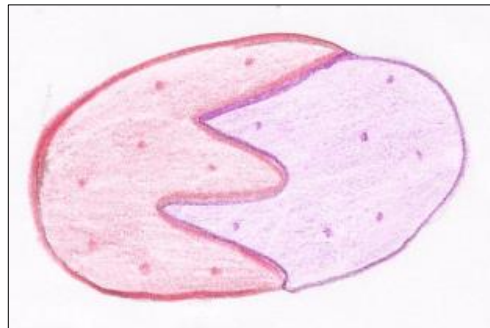


Figura 49 Representação interação partícula A e B E9

O E9 se refere às partículas A e B como peças de um quebra cabeça, sendo peças unitárias ou elementares cada uma. Neste caso não associa característica alguma aos desenhos, são simplesmente objetos semelhantes de mesma textura, mas que modificavam na cor e no formato do encaixe do quebra cabeça, a diferença está representada apenas na carga oposta das partículas. A interação se dá a partir da junção, união das duas partículas.

Avaliação diagnóstica 2.



Figura 50 Representação elétron E9



Figura 51 Representação pósitron E9

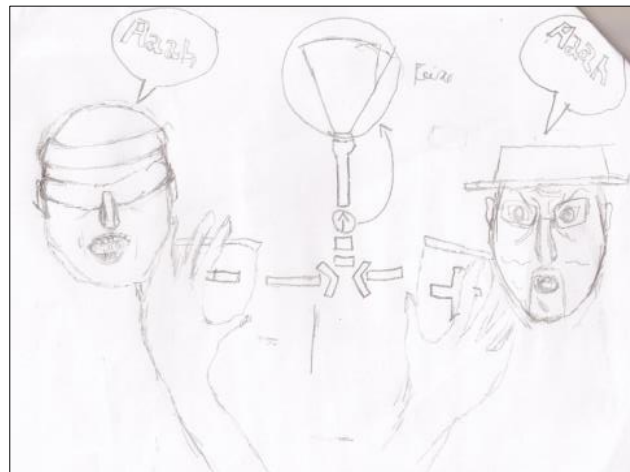


Figura 52 Representação interação par pósitron elétron E9

Já na ilustração do elétron e do pósitron o aluno faz uma menção histórica através da descoberta das partículas, como sendo algo em que um determinado cientista fez e descobriu. As partículas, o elétron e o pósitron, são representados por pacotes de alguma coisa que possuem certa massa e carga elétrica, mas que não são associados às outras características que foram trabalhadas, como energia, spin, movimento. Segundo os desenhos, a interação entre a carga positiva e negativa é capaz de gerar uma luz, essa denominada pelo fóton. O estudante através dos desenhos ilustra as informações mais marcantes da explanação do conteúdo, neste caso o mesmo relacionou o processo histórico que houve durante as descobertas e estudos sobre estas partículas.

4.3.10 Análise do Estudante 10 - E10

Nesta subseção apresentamos as ilustrações relativas à avaliação diagnóstica 1 e 2 correspondentes ao estudante 10.

Avaliação diagnóstica 1

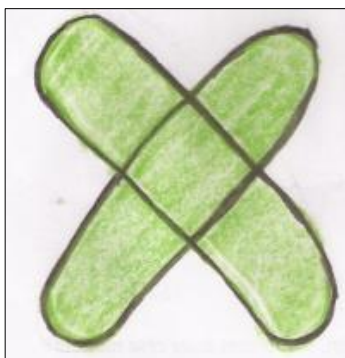


Figura 53 Representação partícula A E10 *Figura 54 Representação partícula B E10*

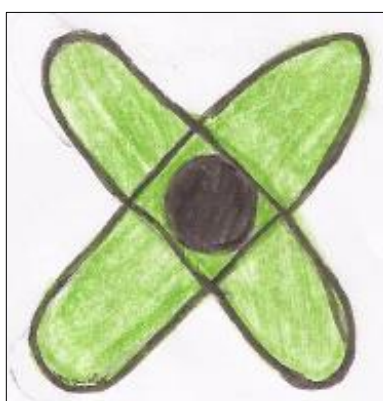


Figura 55 Interação partícula A e B E10

Na primeira ilustração o aluno associa as partículas como partes do átomo, sendo a partícula A, a eletrosfera e partícula B o núcleo do átomo. Percebemos assim, que o aluno ainda possui a ideia de que o átomo seja somente formado por essas duas partes. No caso da interação ocorre então a formação de um átomo. Dessa forma o conhecimento prévio ou a noção física que o aluno possui de partículas é praticamente inexistente.

Avaliação diagnóstica 2.



Figura 56 Representação elétron E10

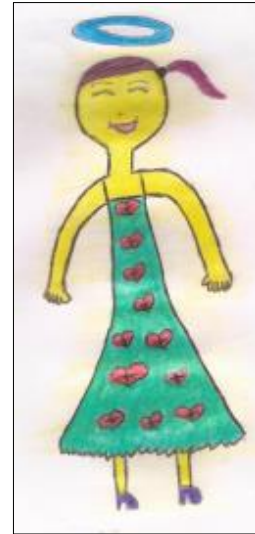


Figura 57 Representação pósitron E10



Figura 58 Representação interação par pósitron elétron E10

No caso da segunda avaliação o aluno usa um personagem animado, fazendo à alusão as camadas eletrônicas, em que essa partícula possui carga elétrica, massa e movimento associado. O elétron recebe então as características relativas a ele e tem capacidade de passar ou pular por entre as camadas eletrônicas. Já o pósitron recebe um personagem feminino que possui carga elétrica positiva, esta representação não é seguida de tantas características como o elétron. Quando ocorre a interação das duas partículas, o elétron e o pósitron geram uma terceira partícula, está representada por um coração e um feixe luminoso que ilustra o efeito físico resultante. Como observado há uma interação significativa dos desenhos, principalmente no que se refere ao "abandono" da ideia do átomo constituído por núcleo e eletrosfera somente, pois as partículas que antes eram representadas por partes do átomo

agora possuem características associadas a estas. No entanto, ainda se observa a necessidade de um refinamento e aprofundamento dos conceitos físicos pertinentes.

4.4 SÍNTESE DA AD1 E AD2

O objetivo deste trabalho busca investigar a evolução conceitual que os estudantes tiveram com a aplicação da unidade didática. Para isso, foram aplicadas diversas atividades a fim de trabalhar o conteúdo de Física de Partículas com os alunos e também registrar através das avaliações diagnósticas as concepções dos alunos sobre os conceitos abordados.

Em primeiro lugar, foi apresentado aos alunos a Avaliação Diagnóstica 1, nesta ficou evidente que os conhecimentos prévios dos alunos eram bastante limitados, desde os conceitos e também suas aplicações. Estes em sua maioria ainda possuíam a noção de átomo como sendo constituído por núcleo e eletrosfera, não reconheciam a existência das partículas na constituição de algo, ou seja, tudo o que seria apresentado se constituía de conceitos novos aos olhos dos mesmos. A partir daí, foram trabalhados com os alunos o modelo atômico atual, definindo o conceito de partículas, partículas elementares, suas características, o modelo padrão, o elétron e o pósitron, suas propriedades e características, sua interação e as aplicações das partículas elementares no seu dia a dia. Avançando na aplicação da unidade didática, foi então proposto a Avaliação Diagnóstica 2, nesta já ficou evidente a evolução conceitual que os alunos tiveram, pois na segunda avaliação, as representações em sua grande maioria seguiam as características e propriedades, ou seja, o elétron e o pósitron que antes eram representados por bolinhas, pontos, etc, agora possuíam massa, spin, energia, e da mesma forma a interação que anteriormente era uma soma ou junção, agora vinha seguido de um efeito físico, a geração de um fóton.

Quadro 3 – Evolução conceitual dos estudantes ao longo da unidade didática

Conteúdos abordados	Conhecimentos prévios sobre os conteúdos abordados	Concepções pós-aplicação da unidade didática
Átomo	Composto por núcleo e eletrosfera.	Os átomos são compostos por núcleo e eletrosfera, e essas partes são constituídas por outras partículas que constituem o universo.
Partículas	Pequenas unidades	Pequenas unidades, que são responsáveis

elementares		pela formação e composição de todas as coisas. Elementar, significa indivisível, que não pode ser quebrado, última unidade.
Aplicações das partículas	Poucas aplicações, a tecnologia foi à citada.	Na saúde, através dos aparelhos de raios-X, radioterapia, tecnologias, como a nanotecnologia, nas telecomunicações, como na TV, por exemplo, produção de energias. E o papel do cientista paranaense Cesar Lattes no desenvolvimento da ciência e da Física do Brasil e do mundo.
Elétron	Pequenas unidades, representadas por bolinhas por exemplo.	Partícula que possui associada características como: carga elétrica negativa, uma massa leve, spin e energia.
Pósitron	Representadas por pequenas unidades.	É a antipartícula do elétron, que possui as mesmas características, mas que se difere em relação à carga elétrica oposta, este por sua vez positivo.
Interação entre as partículas	Soma ou junção de partículas, como se fosse um quebra cabeça.	Interação que gera um efeito físico, este por sua vez citado na maioria, pela aniquilação que gera a produção de um fóton.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos resultados dispostos no Quadro 3, podemos perceber que a unidade didática cumpriu os papéis propostos pelos multimodos e multirrepresentações, da forma que ao longo da unidade didática foram aplicadas atividades que envolveram a escrita, oralidade, desenhos, vídeos, jogos e essa multiplicidade enriqueceu as concepções que os alunos poderiam ter sobre os conteúdos propostos. O trabalho através dos multimodos e multirrepresentações vem possibilitar uma compreensão mais sólida dos conceitos, tendo em vista que estes possuem o papel de complementar, restringir e construir conhecimentos, ou seja, cada atividade proposta vinha com essa finalidade, a de possibilitar um refinamento e aprofundamento dos estudos relativos à Física de Partículas. A utilização dos desenhos teve

papel fundamental na evolução conceitual dos estudantes, sendo que este atuou como motivador, pois os alunos se mostraram interessados em realizar essa atividade, além de contribuir para a construção de conhecimentos.

Como visto, os conhecimentos prévios que os alunos possuíam era bastante limitado, sendo que a grande maioria destes ouviram falar de partículas elementares pela primeira vez na aplicação da unidade didática. O que se observou no caso da interação é que os estudantes associavam a soma ou junção de partes do mesmo modo que ocorre na composição de moléculas (H_2O , por ex.), assim, quando se fala da interação entre partículas, muitos dos participantes da pesquisa não eram capazes de perceber qual fenômeno físico que estaria associado a este. Porém quando foram estudados as propriedades das partículas, neste caso o Póstron e o Elétron e sua respectiva interação, conseguiu-se de certa forma melhorar esse quadro, observando que a maioria dos estudantes ilustrou no segundo momento a interação a partir de um efeito físico. Cabe destacar que os resultados obtidos poderiam ser melhorados através da continuidade do trabalho, no entanto, se baseando no nível proposto, terceiro ano do ensino médio, o resultado foi satisfatório, pois os estudantes conseguiram em sua grande parte compreender o conteúdo de Partículas elementares, suas aplicações e também conhecer a área da Física Moderna, que não tinha sido explorada por eles ainda.

Sabe-se que o ensino de física moderna no ensino médio é um pouco defasado devido a múltiplos fatores, dentre eles a falta de formação adequada dos professores, a falta de recursos didáticos e até mesmo pela aversão que os alunos possuem por conteúdos em que eles “não conseguem enxergar”, ou seja, demasiadamente abstratos. Com tudo, este estudo contribui com uma possibilidade ao ensino de Física, podendo ser aplicado novamente e constantemente aperfeiçoado. É importante notar que por meio do referencial teórico adotado dos multimodos e multirrepresentações é possível levar os conteúdos de Física Moderna de uma forma mais adequada e também acessível aos estudantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento deste trabalho buscou-se construir uma pesquisa acerca da aplicação dos Multimodos e multirrepresentações no ensino da Física Moderna no ensino médio. O objetivo amparava-se em investigar a evolução conceitual dos estudantes ao longo da unidade didática, o conteúdo de Partículas Elementares foi o ponto de partida para construirmos as atividades que envolvessem as múltiplas representações, desde formas escritas, orais, vídeos, jogos e com maior ênfase no desenho. Com a aplicação do módulo de ensino e das Avaliações diagnósticas conclui-se que a proposta foi satisfatória, tendo em vista que os alunos tiveram uma significativa evolução conceitual da primeira avaliação diagnóstica para a segunda, como disposto na Tabela 3.

Sabe-se da precariedade da Física Moderna no ensino médio, os estudantes, muitas vezes, concluem os três anos de ensino médio sem nem estudar sobre o assunto ou ver muito superficialmente. Esta situação gera problemas, principalmente no que se refere ao entendimento do universo, sua composição e os fenômenos que ocorrem, ou seja, os estudantes possuem uma noção ultrapassada de realidade, se amparam em teorias que não são mais vigentes no campo da ciência. Sendo assim, esse trabalho traz uma possibilidade de abordagem diferenciada para um conteúdo que até então poderia ser visto como "abstrato" pelos estudantes, da forma que através das multirrepresentações foram abordados os conteúdos pertinentes à Física das partículas, dando enfoque ao desenho, atividade esta que se destacou na aplicação da unidade didática principalmente por ter gerado bons resultados no que se refere ao desenvolvimento dos alunos.

Esta unidade didática foi aplicada em um terceiro ano do ensino médio regular, dessa forma surgiram contratemplos característicos a realidade escolar, que dificultaram a aplicação de alguns pontos. Um fator bastante relevante foi a Greve geral dos Educadores do Paraná, que impossibilitou a aplicação do jogo Trilha das Partículas e também a realização da Avaliação diagnóstica 3. Esse fato não comprometeu os resultados alcançados, de modo que através das outras atividades e da Avaliação diagnóstica 1 e 2 foi possível uma visualização da evolução conceitual que os estudantes tiveram. No entanto, é notável que com a aplicação das atividades faltantes a compreensão de alguns conteúdos seria otimizados o que poderia levar aos alunos uma compreensão mais sólida do conteúdo estudado. Além disso, outras propostas didáticas podem ser pensadas e que não estão citadas nas atividades desta unidade didática como, por exemplo, os textos contidos no livro "*Alice no País do Quantum*" de Robert

Gilmore, este traz através de uma aventura no mundo microscópico conceitos e explicações que podem enriquecer a abordagem. Outra atividade é o jogo *Sprace Game* que através de um jogo virtual os estudantes podem trabalhar com conceitos referentes às partículas. Ou seja, há possibilidades de enriquecimento que podem ser repensadas e adaptadas.

Explorando os referenciais dos multimodos e multirrepresentações pode-se ir muito além, desde o estudo de conteúdos mais elementares até conteúdos mais abstratos aos alunos, trazendo enriquecimento para o trabalho dos conceitos, tendo em vista que através das multirrepresentações se pode complementar uma explicação, refinar os conceitos já estabelecidos e também possibilitar aos estudantes construir o conhecimento através de suas próprias ilustrações. Outro ponto positivo é a utilização dos desenhos, os estudantes não são acostumados com essa abordagem relacionada à ciência, então se pode perceber que para eles foi algo prazeroso e que puderam desenvolver sua criatividade relacionando com os conteúdos estudados. Outro ponto a ser considerado é que muitas escolas não possuem laboratório, estrutura e recursos adequados, dessa forma o desenho vem com uma atividade diferenciada que não necessita de recursos financeiros e nem de uma estrutura específica, os alunos podem realizar essa atividade com seus próprios materiais.

Este trabalho representou sem sombra de dúvidas o trabalho mais importante de minha graduação, não somente por ser o Trabalho de Conclusão de Curso, mas pela significativa evolução que tive ao longo dos estudos e aplicação. Primeiramente por me inserir em uma pesquisa, pois o trabalho teve como um dos pontos principais o estudo e a pesquisa a partir dos Multimodos e Multirrepresentações, estudando seus referenciais e pesquisando como uma proposta didática poderia gerar resultados positivos utilizando esses referenciais. Outra situação relevante foi o contato e o estudo do conteúdo de Física de Partículas, primeiramente no meu ensino médio não tive contato algum com a Física Moderna e, ao cursar os componentes curriculares na universidade, a Física vista até então, se tornou muito mais ampla. No final deste trabalho há um desejo grande de prosseguir, evoluir, pretendendo avançar, aperfeiçoando-o e buscando horizontes futuros a partir dele.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, C.B. Maria. Sobre o Discreto Charme das Partículas Elementares. **Física na Escola**, v.6, n.1, 2005.

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

ADADAN, E. IRVING, K. TRUNDLE, K. Exploring grade 11 students conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n.8, p.1004-1035, 2010.

AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers & Education**, v. 33, p. 131–152, 1999.

AINSWORTH, S. PRAIN, V. TYTLER, R. Drawing to Learn in Science. **Revista Science**, V. 33, n. 6046, p.1096-1097, 2011.

ALOI, P.E., HAYDU, V.B. CARMO, J.S. Motivação no ensino e aprendizagem: algumas contribuições da análise do comportamento. **Revista CES Psicologia**, 7(2), 138-152, 2014.

ANDERSON, D. Carl. The positive Electron. **Physical Review**. v. 43. P. 491-494. 1933.

BALTHAZAR, F. Wagner. OLIVEIRA, L. Alexandre. **Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências. Nilópolis, 2008. Disponível em http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/3046 Acesso em 25 de outubro de 2014.

CAMARGO FILHO, P.S; LABURÚ. C.E; BARROS, M.A. Dificuldades semióticas na construção de gráficos cartesianos em cinemática. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.28, p. 546-563, 2011.

CIÊNCIAS da Natureza, matemática e suas tecnologias /Secretaria de Educação Básica -

Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. **Orientações curriculares para o ensino médio**; volume 2. p. 45 - Física.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**. Buenos Aires: AIQUE, 1998.

DUNCAN, R.G.; HMELO-SILVER, C.E. Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, n. 6, p.606–609, 2009.

DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano**. Registros semióticos y Aprendizajes Intelectuales. Cali, Colômbia: Merlin, I.D. 2004. Título do original: Sémiosis et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels.

KLEIN, P.D. Rethinking the multiplicity of cognitive resources and curricular representations alternatives to "learning styles" and "multiple intelligences", **Journal of Curriculum Studies**, New York, v.35, n.1, p.45-81, 2003.

LABURÚ, C. E, SILVA, O. H. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 16, n.1, p.7-33, 2011. B

LABURÚ, C. E. BARROS, M. A. SILVA, O. H. Osmar. Multimodos e Múltiplas Representações, Aprendizagem Significativa e Subjetividade: Três referenciais Conciliáveis da Educação Científica. **Ciência e Educação**, v. 17, n. 2, p. 469-487, 2011.

LEMKE, J. L. Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions, 2003. **Languages and Concepts in Science**. Disponível em <<http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/barcelon.htm>>, Acesso em 20/10/2011.

LOZADA, O. Cláudia. ARAÚJO, S.T. Mauro. **Física de Partículas Elementares no Ensino Médio: As perspectivas dos professores em relação ao ensino do Modelo Padrão**. Disponível em: <www.cienciaamao.usp.br/dados/snef/_ensinodefisicadeparticul.trabalho.pdf>. Acesso em 12 de fevereiro de 2015.

MOREIRA, M. Antonio. Partículas e Interações. **Física na Escola**, v. 5, n. 3, p.10-14, 2004.

NETO, S.R. Estevam. **Física no Brasil para o ensino médio: uma abordagem para compreensão da ciência e da atividade científica**. São Paulo, 2007. Disponível em: www.nupic.fe.usp.br/Publicacoes/teses/DissertESTEVM.pdf. Acesso em 30 de março de 2015.

OSTERMANN, Fernanda. Um pôster para ensinar Física das Partículas na Escola. **Física na Escola**, v. 2, n. 1, p. 13-18 2001.

PARANÁ. Secretaria do Estado de Educação. **Diretrizes Curriculares da Rede Pública da Educação Básica do Estado do Paraná – Física**. Curitiba, 2008.

PIETROCOLA, Maurício. Inovação Curricular em Física: Transposição Didática e a Sobrevivência dos Saberes. In: **A pesquisa em Ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias**. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física, p.352, 2010. ISBN 978-85-89064-17-0.

PIETROCOLA, Maurício P. de O., et al. – **Física em contextos: pessoal, social e histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria**. – 1ª edição, São Paulo: FTD, 2010.

POZO, I. Juan. CRESPO, M.A.G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências – Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto Alegre: Editora ARTMED, 2006.

TIPLER, Paul Allen, LLEWELLYN, Ralph A. – Física moderna. In___ Capítulo 12 – Física de Partículas (p. 356 – 387). Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi –5ª edição - Rio de Janeiro. LTC. 2010.

WHITE, R; ARZI, H. Longitudinal Studies: Designs, Validity, Practicality, and Value. **Research in Science Education**, v. 35, n.1, p.137-149, 2005.

ANEXOS

ANEXO 1.

Texto: Cesar Lattes e o Méson

A partícula responsável pela estabilidade do núcleo do átomo, foi chamada de méson pi (píon) que se transforma no múon e em outras partículas. A exemplo do que vimos com o campo eletromagnético, no qual os fótons são os mediadores, a ideia de que a força nuclear também tivesse um mediador foi formulada pelo físico japonês Hideki Yukawa (1935), no entanto, os limites quanto ao alcance das forças nucleares seriam diferentes para a força nuclear. Yukawa acreditava na existência de uma partícula mediadora da força nuclear, com massa entre a do elétron e a do próton ($m_{\text{próton}} = 1838.m_{\text{elétron}}$), porém, tal partícula só foi detectada dez anos após sua suposição.

Na busca por encontrar a partícula mediadora da força nuclear, o físico brasileiro César Lattes exerceu papel importante na detecção dessa partícula, tornando-se um dos atores principais no estudo dos constituintes nucleares do átomo. Mas afinal quem é César Lattes? Como essa descoberta envolveu a participação do brasileiro? Qual foi a importância desse trabalho para o Brasil e para a física? Cesar Lattes nasceu em Curitiba, Paraná, em 1924 e estudou no tradicional Colégio Dante Alighieri em São Paulo. Durante quase toda sua vida se dedicou à física experimental e a interpretações teóricas. Trabalhou com grandes e renomados cientistas estrangeiros e nacionais. Dentre seus trabalhos, dois se destacam tanto pela importância para a física de partículas quanto pela repercussão: sua participação na descoberta do méson, em 1947, por meio dos raios cósmicos (ganhador do prêmio Nobel em 1950) e pela detecção deste mesmo méson, em 1948, utilizando, desta vez, um acelerador de partícula construído em Berkeley nos EUA.

A partir da criação da USP em janeiro de 1934, período em que as pesquisas em física no Brasil ganharam maior impulso, foi criado o Departamento de Física (antiga Faculdade Nacional de Filosofia, Ciências e Letras). Seus primeiros professores foram trazidos da Europa com o intuito de implantar a pesquisa em física no país e lecionarem disciplinas nos cursos de física e engenharia. Um dos primeiros a vir para cá foi o professor ítalo-russo Gleb Wataghin (em 1934) que iniciou as pesquisas com física de partículas de altas energias por meio dos raios cósmicos. Estas pesquisas tinham a vantagem de não exigir grandes investimentos na montagem de laboratórios e os instrumentos eram construídos muitas vezes pelos próprios cientistas. Dessa forma, o grupo de cientistas trabalhavam nos mesmos

problemas científicos e com métodos e meios semelhantes aos utilizados no exterior.

Em 1938, veio para cá o italiano Giuseppe Occhialini, grande físico experimental que também trabalhava na detecção de partículas. Ele iniciou seus trabalhos na USP tentando pôr em funcionamento uma câmara de Wilson de grandes dimensões (esta câmara era igual a que trabalhou na confirmação da existência do pósitron em 1933). Aliás, esta câmara foi uma das principais responsáveis pela mudança de direção da carreira de Lattes, permitindo que trocasse a física teórica, na qual trabalhava com Wataghin e Mario Schenberg, pela física experimental nos raios cósmicos.

A descoberta em Bristol

Lattes estudava as partículas utilizando a câmara de Wilson. Occhialini, que já trabalhava com Cecil Powell (diretor do laboratório em Bristol) no processo de detecção de partículas, sabia do interesse de Lattes em estudar fora do país e também conhecia os trabalhos que Lattes desenvolvia aqui após sua partida para Bristol, pois ambos se correspondiam e trocavam fotografias tiradas em câmara de Wilson.

Ainda sob o clima do pós-2ª Guerra Mundial, Lattes foi então levado a Bristol, Inglaterra, por Occhialini. Em Bristol, o grupo trabalhava com filmes fotográficos comuns (os mesmos que eram utilizados para tirar fotografias) para o estudo de reações nucleares que ocorrem quando partículas dos raios cósmicos atingem as placas fotográficas (chamadas de emulsões). No entanto, Occhialini logo percebeu a limitação destas placas fotográficas comuns e sugeriu a construção de placas no qual a densidade de prata (material que eram constituídas as emulsões) fosse superior à das placas usuais aumentando assim a sensibilidade para detecção de partículas. As placas utilizadas por Powell não mostravam nitidamente a trajetória das partículas. Logo Occhialini percebeu que com o aperfeiçoamento da emulsão haveria de aumentar bastante as possibilidades de descoberta de novas partículas nos raios cósmicos.

Um dos problemas dessas novas placas consistia no desaparecimento da imagem do rastro deixado pelas partículas após um longo tempo de exposição. Neste aspecto, um dos grandes problemas que Lattes ajudou a resolver foi exatamente o do desaparecimento das imagens deixadas pelas partículas quando se deixa passar algum tempo entre a exposição e a revelação (processo chamado de *fading*), aliás, este problema também podia ocorrer com a fotografia comum (pessoas que deixavam o filme dentro das antigas câmaras fotográficas por muitos meses tinham a infeliz surpresa de encontrar apenas borrões nos negativos revelados). Dessa forma, o desaparecimento das imagens inviabilizava as exposições por longo tempo. Lattes foi um dos responsáveis por identificar um composto (tetraborato de sódio – *bórax*)

que, misturado às emulsões, era capaz de aumentar em muito tempo a retenção das imagens viabilizando assim as exposições de longa duração.

Lattes expôs, em 1947, nos Andes Bolivianos (Monte Chacaltaya a 5.500m de altitude), emulsões fotográficas verificando posteriormente a existência do méson π na radiação cósmica.

A descoberta em Berkeley

A detecção do méson π nos raios cósmicos não mostrou de forma conclusiva que essa partícula fosse nuclearmente ativa, ou seja, que ao incidir um feixe de partículas contra prótons e nêutrons em um alvo de carbono, por exemplo, eram criados e emitidos mésons por meio destas colisões. A partir dos estudos realizados a respeito da detecção e produção dos mésons, a demonstração experimental mostrou que essa partícula tinha forte interação com a matéria nuclear, entretanto, isso ocorreu somente um ano depois da descoberta na radiação cósmica, quando o americano E. Gardner e Lattes aceleraram partículas formando um feixe de 380 Mev (equivalente a cerca de 400 milhões de volts) através do ciclotron (acelerador de partículas). Com essa energia, foi possível produzir o méson π , registrando suas trajetórias em emulsões nucleares colocadas no interior da máquina. Por mais de um ano, os físicos de Berkeley não haviam conseguido detectar os mésons, por desconhecimento do método apropriado de utilização das emulsões nucleares e porque procuravam uma partícula mais leve que os mésons, o múon.

Os mésons não existem normalmente no interior do núcleo (são tidos como partículas virtuais), eles são criados e emitidos durante colisões de projéteis externos com prótons e nêutrons existentes no núcleo. No momento de sua descoberta eles foram tidos como os únicos agentes das forças nucleares.

Cesar Lattes tinha apenas vinte e três anos quando participou dessa importante descoberta, ganhando grande notoriedade principalmente por causa do período pós-guerra, o que favoreceu sua difusão na sociedade. Sob o impacto da bomba atômica, a confirmação da previsão teórica dessa partícula significava maior compreensão das forças nucleares e possibilidades crescentes de retorno político-militar para os países promotores da ciência.

A descoberta do méson π por um brasileiro, fez destas duas descobertas um acontecimento da História do Brasil. Dessa forma, Lattes e o méson π , junto com o interesse brasileiro na produção de energia nuclear e a atmosfera do pós-guerra, se fundiram aos anseios de professores pesquisadores brasileiros que queriam “fazer ciência” no Brasil. Diante de tudo isso, foi possível unir forças seja por meio das Faculdades, do mundo dos negócios,

dos e da política brasileira que levaram a criação do CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, em 1949), do CNPq (Conselho Nacional de Pesquisas, em 1951) e mais tarde, em 1967, da Unicamp, em torno do seu Instituto de Física, bem como de firmar acordos de cooperação com o Japão. Lattes foi considerado pela opinião pública brasileira como um símbolo de esperanças coletivas, uma vez que a física, em meados do século passado, estava associada à ideia de progresso e se traduzia, nos países mais atrasados cientificamente, como aliada na luta contra o subdesenvolvimento.

Questões:

- 1) Descreva como você percebeu o incentivo, o interesse e a participação de Lattes no processo de detecção do méson.

- 2) De acordo com a abordagem em classe e do próprio texto, que fator(es) propiciou(aram) Lattes a participar do grupo de Bristol, na detecção do méson?

- 3) De acordo com o texto, qual foi o principal papel do físico brasileiro Cesar Lattes na detecção do méson? O que isso trouxe para a Ciência e para a física no Brasil?

ANEXO 2.

Atividade

1. (Fuvest-SP) Um consórcio internacional, que reúne dezenas de países, milhares de cientistas e emprega bilhões de dólares, é responsável pelo Large Hadrons Colider (LHC), um túnel circular subterrâneo, de alto vácuo, com 27 km de extensão, no qual eletromagnetos aceleram partículas, como prótons e antiprótons, até que alcancem 11000 voltas por segundo para, então, colidirem entre si. As experiências realizadas no LHC investigam componentes elementares da matéria e reproduzem condições de energia que teriam existido por ocasião do Bing Bang.

- a) Calcule a velocidade do próton, em km/s, relativamente ao solo, no instante da colisão.
- b) Calcule o percentual dessa velocidade em relação à velocidade de luz, considerada, para esse cálculo, igual a 300 000 km/s.
- c) Além do desenvolvimento científico, cite outros dois interesses que as nações envolvidas nesse consórcio teriam nas experiências realizadas no LHC.

APÊNDICES

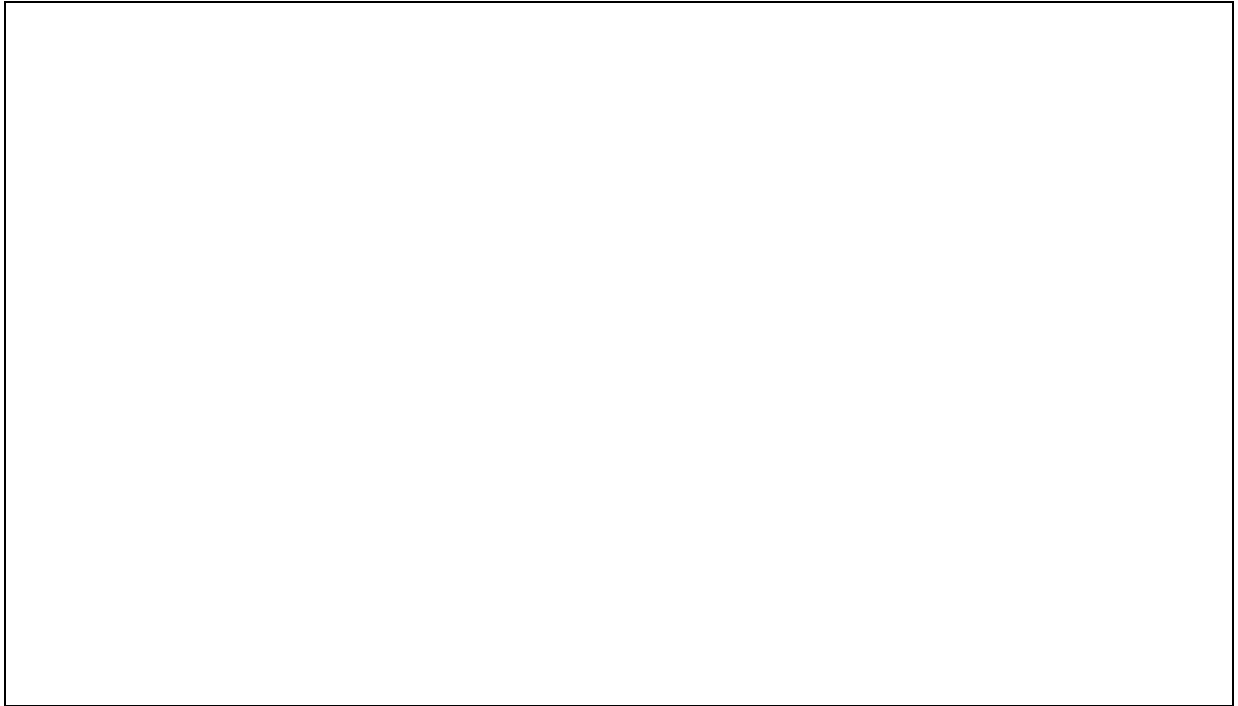
APÊNDICE 1.

Avaliação Diagnóstica 1 (AD1)

1. Qual é o modelo atômico aceito atualmente? Quais são os constituintes do átomo? Faça um desenho esquemático desse modelo.
2. O que são partículas? Explique.
3. Você já ouviu falar sobre o modelo padrão? Se sim, o que vem a ser esse modelo?
4. Você percebe alguma aplicação da Física Moderna em seu cotidiano? Quais?
5. Suponha que existem duas partículas, a partícula A e a partícula B. Cada uma com suas características. Faça um desenho que represente cada uma dessas partículas.

Partícula A	Partícula B
Massa: $0,511 \text{ MeV}/c^2$ Carga Elétrica: $-1,602 \times 10^{-19}$ Spin: $1/2$	Massa: $0,511 \text{ MeV}/c^2$ Carga Elétrica: $+1,602 \times 10^{-19}$ Spin: $1/2$

6. Agora imagine a seguinte situação: Se essas partículas se unissem, $A+B$, como seria seu desenho representando essa situação, interação entre elas?



APENDICE 2.

Atividade

Responda as questões, e encontre as repostas no caça-palavras.

1. Na Grécia antiga se tinha a ideia de que tudo era constituído por quatro elementos fundamentais da natureza, quais eram esses elementos?
2. Segundo a teoria _____ o átomo, partícula muito pequena que não podia ser destruída nem quebrada sendo a base de tudo.
3. Os elétrons são partículas que fazem parte da constituição do átomo. Este, por sua vez, possui duas regiões principais, quais são estas?
4. Qual propriedade das partículas que é associada ao movimento de rotação devido à velocidade angular em torno do próprio eixo e que independe da velocidade?
5. _____ é o efeito que a gravidade exerce sobre a matéria.
6. Força responsável pela ligação dos átomos e das moléculas?
7. Qual é a força mais forte no âmbito das partículas elementares e que é responsável pela ligação dos nêutrons e prótons nos núcleos?
8. Qual é a família das partículas, onde as partículas constituintes não manifestam interação forte, ou seja, não são encontradas no núcleo atômico?
9. Qual é a família das partículas onde as partículas constituintes são responsáveis por intermediar as interações nucleares, forças fortes e fraca e a eletromagnética?
10. O físico inglês Willian Crookes (1832-1919) criou o que ficou conhecido como ampola de Crookes, um tubo de vidro vedado onde se colocavam _____ sob pressões baixíssimas e que apresentava um polo negativo e outro positivo nas extremidades da ampola, os eletrodos. A aplicação de uma diferença de potencial entre os eletrodos gerava um feixe _____, que ficou conhecido como raio _____, pois ele sempre saía do eletrodo negativo (cátodo) para o eletrodo positivo (ânodo).

A	E	Q	E	W	R	T	L	A	S	O	C	I	D	O	T	A	C
C	L	W	R	E	T	U	U	Q	P	I	U	I	O	K	L	A	T
G	E	I	A	Q	Z	D	M	T	Y	U	I	I	U	M	N	E	A
D	T	L	A	R	W	E	I	I	O	N	C	A	S	A	R	E	I
G	R	O	R	M	I	O	N	A	I	C	I	O	E	R	W	S	E
U	O	Y	E	D	E	O	O	P	Q	E	R	X	A	A	S	A	T
I	M	U	F	F	S	U	S	C	V	B	H	S	S	A	S	O	R
P	A	T	S	A	E	Y	O	Q	W	C	V	N	V	E	Z	G	O
E	G	D	O	S	M	E	D	I	A	D	O	R	A	S	S	C	F
S	N	O	R	X	Q	O	L	I	T	T	I	O	A	M	O	A	Z
O	E	O	T	D	W	I	Q	I	P	C	V	B	N	M	U	Q	G
A	T	G	E	T	A	U	E	E	Q	A	E	R	T	G	P	O	Z
S	I	O	L	Y	S	H	L	B	I	O	U	R	A	R	E	W	S
D	C	F	E	A	T	S	I	M	O	T	A	O	E	L	C	U	N
C	A	A	M	O	L	I	T	V	U	I	E	S	D	Q	A	S	X

APENDICE 3.

Jogo das Partículas

Materiais necessários:

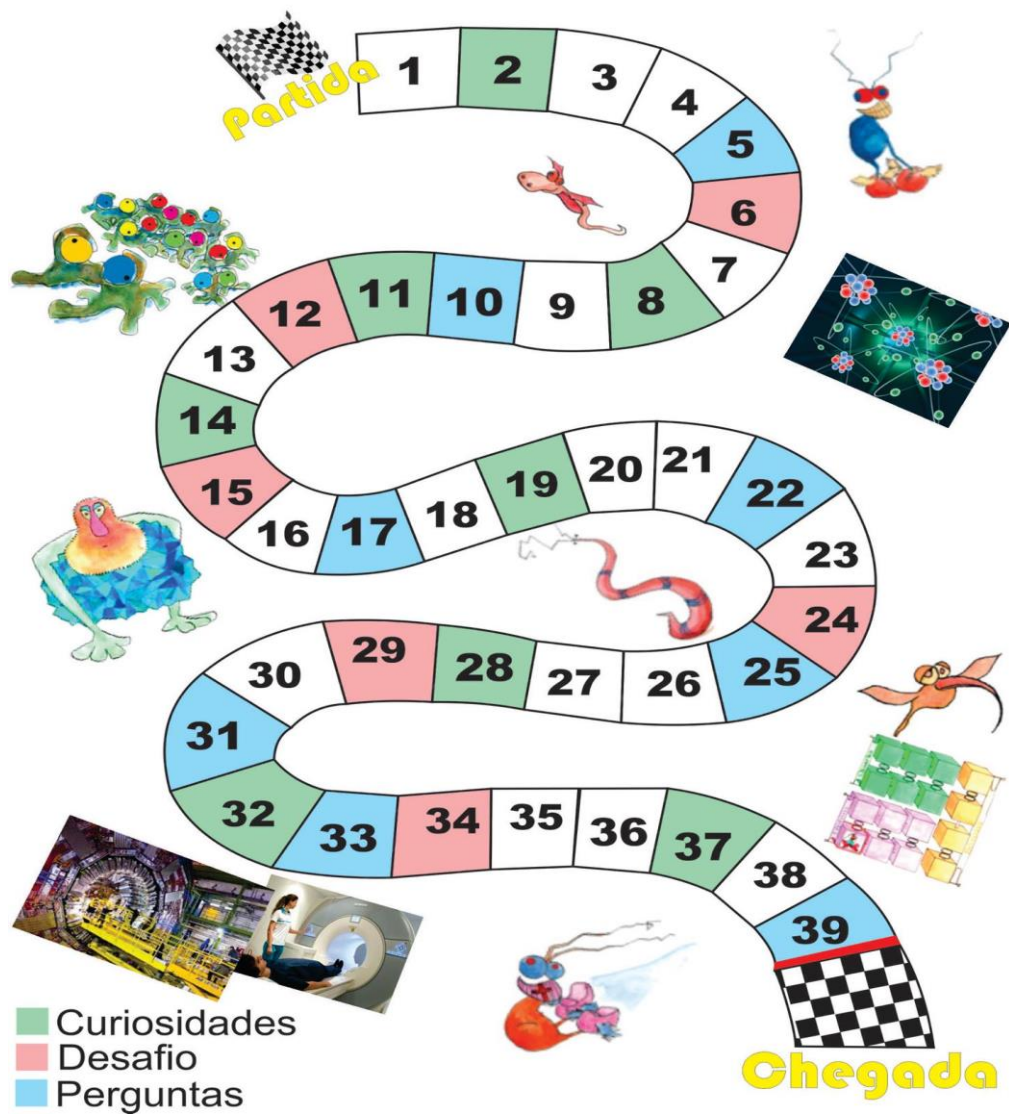
Trilha em papel

23 cartas (contendo curiosidades, desafios e perguntas).

4 marcadores

1 dado

Trilha das Partículas



1. Você sabia?

Através da física moderna se pode estudar diversos fenômenos, principalmente aqueles fenômenos microscópicos, que não conseguimos observar a olho nu, ou seja, que são microscópicos. Um exemplo de aplicação da Física de Partículas, conteúdo abordado nesta aula, são os televisores de tubo de raios catódicos. O processo ocorre da seguinte forma, um filamento emite elétrons que se comportam como pequenas esferas carregadas individualmente, atingindo diferentes pontos da tela com intensidades variadas para produzir a imagem que nós vemos.

5. Você sabia?

A física Quântica possui muitas aplicações na tecnologia. Como por exemplo, na computação. A computação quântica é um método que procura trabalhar com a miniaturização que a tecnologia passa, lidando com processos que a computação normal não é capaz de trabalhar. A computação quântica tem aplicação, por exemplo, na busca de dados. Através de um algoritmo chamado Grover se busca criar mecanismos que acelerem e tornem mais eficiente a busca por um determinado dado em um banco desordenado de dados.

2. Você sabia?

Os chamados microscópios eletrônicos são usados para produzir imagens com grande aumento (até cerca de 100 mil vezes). Nesse caso os elétrons são emitidos por um filamento, e quando se chocam com as superfícies dos materiais, eles (os elétrons) se comportam como uma onda, resultando em uma “iluminação” do material, o que permite a formação da imagem que vemos.

6. Você sabia?

Uma das aplicações da Física Quântica é o laser, este é um Dispositivo que produz radiação eletromagnética com características muito especiais. Lasers funcionam quando agitamos os elétrons que orbitam átomos, os quais emitem fótons conforme retornam aos seus níveis mais baixos de energia. Os fótons emitidos fazem outros átomos liberarem fótons com o mesmo nível de energia e direção, criando um feixe de fótons que vemos como o raio laser. O laser é usado em espectroscópios, scanners de código de barras, microscopia, sistemas militares de defesa, CD e Blu-Ray players, entre outros.

3. Você sabia?

Em 2013, o prêmio Nobel da Física foi para dois cientistas, o britânico Peter Higgs e o belga François Englert. Os cientistas através do Grande Colisor de Hádrons (LHC) descobriram um mecanismo pelo qual as partículas adquirem massa, ou mais precisamente, pela concepção da teoria do bóson de Higgs. O bóson de Higgs foi a última peça descoberta dos quebra-cabeças da Física chamado de Modelo Padrão e representa a chave para explicar a origem da massa de outras partículas.

7. Você sabia?

Os elétrons emitem radiação! Isso ocorre porque os elétrons ficam em órbitas com determinada quantidade de energia. Quando um desses elétrons recebe energia (como por meio do calor), ele salta de uma órbita de menor energia para uma órbita de maior energia, ficando em um estado excitado. Porém, esse estado é instável e o elétron perde rapidamente a energia que ganhou em forma de radiação visível, que é a cor que visualizamos, e volta para o seu estado fundamental. Cada átomo possui camadas eletrônicas com determinadas quantidades de energia, assim, cada sal formado por um tipo de metal emite uma radiação de cor diferente. O sódio emite a cor amarela, o bário emite cor verde, o lítio emite cor vermelha, o alumínio emite cor branca e assim por diante. Esse princípio é usado para a confecção dos fogos de artifício.

4. Você sabia?

A Física Quântica também possui aplicações à saúde! Um exemplo disso é a radioterapia. Este é um método capaz de destruir células tumorais, empregando feixe de radiações ionizantes. Uma dose pré-calculada de radiação é aplicada, em um determinado tempo, a um volume de tecido que engloba o tumor, buscando erradicar todas as células tumorais, com o menor dano possível às células normais circunvizinhas.

Questões:

1. O que define uma partícula elementar?
Toda partícula que pode ser dividida não é elementar, enquanto toda partícula que não possui um constituindo é considerada elementar. Ou seja, o elétron, por exemplo, é considerado elementar, já o próton não, pois pode ser dividido em outras partículas.

Questões:

5. Qual é o maior acelerador de partículas do mundo? Qual o seu papel no desenvolvimento das pesquisas científicas?
O maior acelerador de partículas é o LHC, este tem 27 km de extensão em forma circular situado entre a fronteira da Suíça e da França. O LHC, tem papel importante nas pesquisas relacionadas em processos de radiação, terapia contra o câncer, geração de energia, incineração de resíduos nucleares, informática, etc.

Questão:

2. Qual foi a primeira partícula elementar descoberta?
O elétron em 1897.

Questões:

6. Quais são os quatro tipos de interações fundamentais que ocorrem na física atômica?
Eletromagnética, gravitacional, forte e fraca

Questões:

3. O que é fissão nuclear?
É um processo em que através de altas energias, as partículas consideradas até então como elementares podem se subdividirem, podendo liberar nêutrons, elétrons e outras partículas.

Questões:

7. Quais são as três “famílias” que subdividem o modelo padrão?
Léptons, Quarks, Transportadoras de força.

Questões:

4. O que são aceleradores de partículas?
São equipamentos que aceleram feixes de núcleos atômicos e partículas, um em direção ao outro, a velocidades próximas da luz, com o objetivo de colidirem. Dessa colisão, são estudadas as reações e os decaimentos das partículas originadas na colisão para desvendar o mundo das partículas subatômicas.

Questões:

8. Qual foi o cientista brasileiro que teve papel importante no desenvolvimento das pesquisas de física de partículas? Qual partícula que foi detectada por ele?
Cesar Lattes. Píon (Méson π).

Questões:

9. O que define uma antipartícula?

Possuem a mesma propriedade da partícula, como a massa, no entanto uma propriedade o difere, sua carga. Como por exemplo, a antipartícula do elétron (e^-) é o pósitron (e^+) que possui a mesma massa mas com carga positiva.

Questões:

13. Qual a propriedade fundamental dos léptons?

São partículas com maior massa, como o próton e o nêutron, que não manifestam interação forte, ou seja, não são encontradas no núcleo.

Questões:

10. Através de qual experimento que Thomson concluiu que os elétrons existiam em toda matéria?

Ampola de Crookes, tubo de raios catódicos.

Questões:

14. Quais são as quatro forças fundamentais da natureza?

Força forte, força fraca, força eletromagnética, força gravitacional.

Questões:

11. Qual foi a segunda partícula elementar a ser descoberta? Cabe lembrar que esta mesma partícula é associada pela radiação do efeito fotoelétrico.

O Fóton em 1905.

Questões:

15. Qual a força que se sobressai em relação as outras em intensidade? Faça uma comparação numérica que justifique sua resposta.

A força forte é a força mais intensa, se forem comparadas as outras forças, por exemplo, a força eletromagnética tem uma razão de 10^{-2} se comparada a intensidade da força forte, também temos a força fraca que possui uma relação de 10^{-13} em relação a força forte.

Questões:

12. Como é conhecida a forma de organização ou “tabela periódica” das partículas elementares conhecidas?

Modelo Padrão.

Questões:

16. Faça uma breve explicação sobre a evolução das ideias da Ciência em relação ao conceito de átomo.

Primeiramente tudo era constituído por quatro elementos, com o passar do tempo o modelo atômico passou a reger tudo, no entanto, o átomo neste caso, era uma partícula em que não podia ser dividida, ou seja, elementar. Após isso com os estudos o átomo passou a ser compostos por outras partes, os elétrons, prótons e nêutrons. Já atualmente o que sabemos é que o átomo é composto por outras partículas que são realmente fundamentais, nesse caso, o próton e o nêutron que compunham o núcleo do átomo são constituídos por outras partículas que junto com o elétron regem toda a matéria do universo.

APENDICE 4.

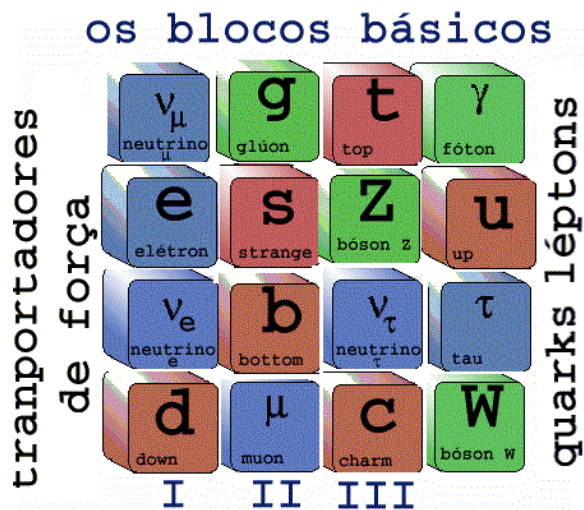
Avaliação diagnóstica 2 (AD2)

1. Faça uma ilustração do elétron, com base nas características e propriedades que foram estudadas ao longo das aulas.
2. Faça agora uma ilustração da antipartícula do elétron, o Pósitron, se baseando também em suas características e propriedades.
3. Agora, se essas partículas interagissem (Elétron e Pósitron) o que iria acontecer? Faça um desenho que represente essa interação entre as partículas.

APENDICE 5.

Avaliação Diagnóstica 3 (AD3)

1. O que são partículas elementares? Qual sua relação com o modelo atômico atual? Explique.
2. Discorra sobre uma partícula elementar, descrevendo suas principais características.
3. O que são os aceleradores de partículas? Qual a sua finalidade? E qual a sua importância para o desenvolvimento da ciência?
4. Para você o desenvolvimento científico é importante para sua vida na sociedade? Por que?
5. O modelo padrão é dividido por léptons, quarks e transportadoras de força. O que define cada uma dessas divisões?
6. A figura abaixo corresponde ao modelo padrão, este, no entanto desorganizado. Recorte suas partículas e o organize de forma adequada.



7. Qual atividade lhe proporcionou um melhor entendimento sobre o conteúdo a ser abordado? (ex: vídeos, construção de desenhos, leitura e discussão do texto, jogo de trilha, mapa textual).
8. Discuta as mudanças que houveram em seus desenhos durante as aulas, desde o desenho

inicial até o ultimo, descrevendo as características e propriedades do elétron e do pósitron a partir destes.

APÊNDICE 6.

Física - Licenciatura

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) da pesquisa de doutorado: “O modelo padrão da Física de Partículas: *“Uma proposta de ensino multirrepresentacional para o ensino médio”*”.

A JUSTIFICATIVA, OS OBJETIVOS E OS PROCEDIMENTOS: A investigação pretende realizar um estudo que explora o potencial didático de uma estratégia de ensino multirrepresentacional aplicada no 3º ano do Ensino Médio, na disciplina de Física, que tem por finalidade analisar e avaliar a evolução conceitual dos alunos com a aplicação da unidade didática: Partículas elementares e o modelo padrão.. A estratégia ampara-se no contemporâneo modelo de ensino por meio de multimodos e múltiplas representações, a qual tem por objetivo proporcionar aos alunos um leque de oportunidades para construir e refinar conceitos científicos relacionadas ao conteúdo de Física de Partículas e Partículas Elementares.

DESCONFORTOS, RISCOS E BENEFÍCIOS: Para este tipo de pesquisa, não há nenhum risco pré-estabelecido, portanto considera-se o risco mínimo para quem se submete à coleta de dados para esta investigação.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTO, LIBERDADE DE RECUSA E GARANTIA DE SIGILO: Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada com o pesquisador e outra será fornecida a você.

CUSTOS DA PARTICIPAÇÃO: A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional.

DECLARAÇÃO DO PARTICIPANTE:

Eu, _____ fui informado(a) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que

em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim o desejar.

O pesquisador Leidi Katia Giehl, orientado por Prof. Dr. Paulo Sérgio de Camargo Filho, certifica-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais.

Também sei que caso existam gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dúvidas poderei chamar o pesquisador, no telefone (46) 9933-0264, e-mail *leidikatiagiehl@yahoo.com.br*, ou no Departamento de Física, da Universidade Federal da Fronteira Sul, acesso PR 182 KM 406, Rua Edmundo Gaievski, 1000 Telefone: (46)3543-8300. – Realeza, PR.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Realeza, ____ de _____ de 2015.

Participante

Leidi Katia Giehl
Pesquisador