

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE

DAVSON JOSÉ DA SILVA

**A PROBLEMATIZAÇÃO NO ENSINO DA RADIOATIVIDADE
EM NÍVEL MÉDIO**

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

2019

DAVSON JOSÉ DA SILVA

**A PROBLEMATIZAÇÃO NO ENSINO DA RADIOATIVIDADE
EM NÍVEL MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) e como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dra. Renata Lacerda Caldas

Co-orientadora: Dra. Cristine Nunes Ferreira

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

2019

Biblioteca Anton Dakitsch
CIP - Catalogação na Publicação

S586p Silva, Davson Jose da
A Problematização no Ensino da Radioatividade em Nível Médio /
Davson Jose da Silva - 2019.
172 f.: il. color.

Orientadora: Renata Lacerda Caldas
Coorientadora: Cristine Nunes Ferreira

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ,
2019.

Referências: f. .

1. Ensino de Física. 2. ABP. 3. Aprendizagem Significativa. 4. Modelos
Mentais. I. Caldas, Renata Lacerda, orient. II. Ferreira, Cristine Nunes,
coorient. III. Título.

Davson José da Silva

A Problematização no Ensino da Radioatividade em Nível Médio

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense como requisito parcial para a conclusão do Mestrado Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de Mestre.

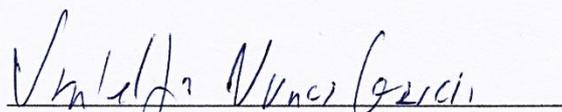
Aprovado em 03 de ABRIL de 2019.



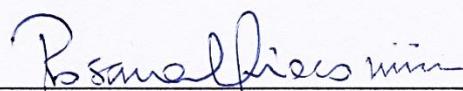
Renata Lacerda Caldas - Orientadora
Doutora em Ciências Naturais - UENF
IFFluminense - *Campus Campos-Centro*



Pierre Schwartz Auge
Doutor em Física - UFF
IFFluminense - *Campus Campos-Centro*



Vantelfo Nunes Garcia
Doutor em Física - UFF
IFFluminense - *Campus Campos-Centro*



Rosana Aparecida Giacomini
Doutora em Química - UNICAMP
UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense

Aos meus alunos, motivação para meu constante aperfeiçoamento profissional.

Àqueles que estiveram ao meu lado de alguma forma, seja me incentivando, apoiando ou contribuindo para que eu pudesse seguir em frente chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

“Ao único que é digno de receber a honra e a glória, a força e o poder, ao Rei eterno imortal, invisível, mas real (...)”¹, a Ele, a Deus agradeço pelo dom da vida.

Ao MNPEF e ao IF Fluminense, que oportunizaram o mestrado.

À minha orientadora Dr^a Renata Caldas que transmitiu seus saberes e cuidado com paciência e competência, sempre disposta a me ajudar e me desafiando a fazer mais do que imaginava que podia.

A todos excelentes professores do MNPEF/IFF, estes levarei para sempre nas minhas lembranças: Dr. Wander Ney, Dr. Pierre Augé, Dr^a Cristine Nunes, Dr^a Marília Paixão.

Aos amigos da turma de mestrado 2017.1, que, durante dois anos, foram parte da minha família, compartilhante bons e maus momentos.

Aos alunos do C.E. Dr. Sylvio Bastos Tavares que foram parte fundamental desta pesquisa.

¹ Trecho da música de Aline Barros

O principal objetivo da educação é criar
pessoas capazes de fazer coisas novas
e não simplesmente repetir o que
as outras gerações fizeram.

(Jean Piaget)

RESUMO

A PROBLEMATIZAÇÃO NO ENSINO DE RADIOATIVIDADE EM NÍVEL MÉDIO

Davson José da Silva

Orientadora: Dra. Renata Lacerda Caldas.

Co-orientadora: Dra. Cristine Nunes Ferreira.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Na presente dissertação defende-se a ideia de que sequências didáticas com atividades diferenciadas como experimentos, simulações computacionais, teatro, jogos, mapas conceituais, etc., propiciam ao aluno um repertório de meios que podem contribuir para a Aprendizagem Significativa (AS). Neste contexto, foi escolhido para esse trabalho como ferramenta de ensino o método da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), onde o professor assume a função de mediador da aprendizagem e o aluno é desafiado a desenvolver a habilidade de pensamento crítico, de análise e de usar recursos de aprendizagem para solucionar os problemas de forma integrada e organizada. Esta pesquisa é de cunho qualitativo e visa aplicar e avaliar a ABP como facilitadora da aprendizagem de Física Moderna e Contemporânea (FMC) em nível médio, em particular o tema Radioatividade, segundo os princípios da visão construtivista de Piaget e Ausubel. Utilizou-se também neste trabalho a Teoria dos Modelos Mentais (TMM) proposta por Johnson-Laird com o objetivo de verificar e avaliação a evolução dos modelos mentais dos alunos e assim buscar evidências de AS. Como resultado da pesquisa, foi desenvolvido um Produto Educacional constituído de uma apostila do conteúdo de Radioatividade e Física Nuclear. A ideia é que este material sirva de base para o ensino do tema, podendo ser reproduzido integralmente ou adaptado pelo docente. Este material foi aplicado em uma turma do 2ª série do Ensino Médio da rede pública no município de Campos dos Goytacazes – RJ. Os resultados da aplicação mostraram que os alunos avaliaram positivamente as aulas e o método utilizado.

Palavras-chave: Ensino de Física, ABP, Aprendizagem Significativa, Modelos Mentais.

Campos dos Goytacazes

Março de 2019

ABSTRACT

THE PROBLEMATIZATION IN RADIOACTIVITY TEACHING IN HIGH SCHOOL

Davson José da Silva

Supervisor: Dsc. Renata Lacerda Caldas.

Supervisor: Dsc. Cristine Nunes Ferreira.

Master's dissertation presented to the Program of Graduate Studies at the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense, in the Course of Professional Master of Physics Teaching (MNPEF) as part of the requirements for obtaining the Master's degree in Physics Teaching.

In this dissertation the idea defended is that didactic sequences with differentiated activities like experiments, computational simulations, theater, games conceptual maps, etc., provide the student a repertoire of activities that can contribute to Significant Learning. In this context, this work uses the method of Problem-Based Learning (PBL), in which the teacher is the mediator of learning and the student develops critical thinking skills, analysis and problem solving in an integrated and organized way. This research is qualitative and aims to apply and evaluate the PBL as a facilitator of the learning of Modern and Contemporary Physics in high school level, in particular the theme Radioactivity, according to the constructivist principles of Piaget and Ausubel. In this work, the Theory of Mental Models (TMM) proposed by Johnson-Laird was used to verify and evaluate the evolution of students' mental models and thus to seek evidence of significant learning. This research resulted in the development of an Educational Product consisting of a handout of the contents of Radioactivity and Nuclear Physics. We hope that this material will help the teaching of radioactivity, and can be reproduced in full or adapted by the teacher. This material was applied in a high school classroom of the public school in Campos dos Goytacazes - RJ. The results of the application showed that the students positively evaluated the classes and the method used.

Palavras-chave: Physics teaching, PBL, Significant Learning, Mental Models.

Campos dos Goytacazes

March 2019

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da Aprendizagem por recepção e por descoberta	22
Figura 2 – Diferenciação Progressiva x Reconciliação Integrativa	23
Figura 3 – Modelo de um mapa conceitual	25
Figura 4 – Modelo Padrão das Partículas Elementares	33
Figura 5 – Aparelho de Ruherford-Royds para identificar as partículas α	34
Figura 6 – Separação Magnética das radiações	35
Figura 7 – Série de Desintegração do Urânio	38
Figura 8 – Conteúdo de Física Nuclear no Currículo Mínimo Estadual (RJ)	44
Figura 9 – MR para a atividade do 1º momento	51
Figura 10 – Filme. “Einstein: Equação da Vida e da Morte”	51
Figura 11 – MR para a atividade do 2º momento	52
Figura 12 – Texto Jornalístico sobre acidente radioativo em Goiânia (1987)	53
Figura 13 – Materiais para a representação de fosforescência	55
Figura 14 – Materiais para a representação de decaimentos e meia-vida	56
Figura 15 – Materiais para a representação de reação em cadeia	56
Figura 16 – HQ de um herói criado por exposição radioativa	57
Figura 17 – Placas utilizadas na atividade MITO ou VERDADE	58
Figura 18 – Especto Eletromagnético	58
Figura 19 – Simuladores do PhET de decaimentos e fissão nuclear	59
Figura 20 – Filme. “O Discreto Charme das Partículas Elementares”	60
Figura 21 – Materiais para a reconstrução dos núcleos atômicos	61
Figura 22 – MR para a atividade do 7º momento	61
Figura 23 – MR para a atividade do 9º momento	62
Figura 24 – Questões sobre a constituição da matéria (C1)	65
Figura 25 – Questões de identificação primária da radioatividade (C2)	66
Figura 26 – Conceitos e efeitos da radioatividade (C3)	66
Figura 27 – Medo da radioatividade (C4)	67
Figura 28 – Relação entre radiação e radioatividade (C5)	67
Figura 29 – Alunos respondendo ao questionário inicial	68
Figura 30 – Padrão 1 de respostas dos alunos na C3	70
Figura 31 – Padrão 2 de respostas dos alunos na C3	70
Figura 32 – Execução da atividade 2 (1º momento)	74
Figura 33 – Estrutura das proposições no MC	75
Figura 34 – Proposição criada por Aluno 1	75
Figura 35 – Proposição criada por Aluno 2	76
Figura 36 – Proposição criada por Aluno 3	76

Figura 37 – Estrutura do MCSE	78
Figura 38 – Atividade de MCSE realizada pelos alunos	79
Figura 39 – Alguns textos jornalísticos utilizados em sala de aula	80
Figura 40 – MC da aula expositiva sobre radioatividade	82
Figura 41 – Aluno no laboratório de informática	83
Figura 42 – Materiais utilizados na representação 1	86
Figura 43 – Realização da representação 1	86
Figura 44 – Materiais utilizados na representação 2	87
Figura 45 – Alunos realizando a representação 2	88
Figura 46 – Resultado obtido nos lançamentos dos dados	88
Figura 47 – Gráfico obtido após a sequência de lançamentos	88
Figura 48 – Gráfico da desintegração radioativa (meia-vida)	89
Figura 49 – Trecho de HQ utilizada em sala de aula	90
Figura 50 – Placas confeccionadas para a atividade MITO ou VERDADE	91
Figura 51 – Alunos na preparação para a atividade MITO ou VERDADE	91
Figura 52 – Trecho de HQ criada pelo Grupo 2	93
Figura 53 – Trecho de HQ criada pelo Grupo 4	93
Figura 54 – Espectro Eletromagnético	94
Figura 55 – Aula no laboratório de informática	94
Figura 56 – <i>Softwares</i> de simulação radioativa utilizados	95
Figura 57 – Materiais utilizados na atividade reconstrução nuclear	97
Figura 58 – Momento de apresentação da Esquete 1	99
Figura 59 – Momento de apresentação da Esquete 2	100
Figura 60 – Momento de apresentação da Esquete 3	101
Figura 61 – Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo A	103
Figura 62 – Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo B	104
Figura 63 – Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo C	105
Figura 64 – Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo D	106
Figura 65 – Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo E	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Sequência Didática pertencente ao segundo momento desta pesquisa	45
Quadro 2 – Conteúdos a ministrar na aula expositiva	54
Quadro 3 – Lista de Produtos para pesquisa	54
Quadro 4 – Padrão de respostas para questão 3 (Categoria C2)	68
Quadro 5 – Categorias destacadas nos Mapas Conceituais	102
Quadro 6 – Categorização dos Mapas Conceituais	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – As Partículas Elementares no início dos anos de 1930	31
Tabela 2 – Os Quarks e suas características	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –Desintegração Radioativa ($I = I_0 e^{-\lambda t}$)	38
Gráfico 2 – Padrão de respostas para questão 4 (Categoria C2)	69
Gráfico 3 – Risco de acidente com produto radioativo em Campos dos Goytacazes	71
Gráfico 4 – Origem do risco de acidente radioativo em Campos dos Goytacazes	71
Gráfico 5 – Assuntos abordados na aula de radioatividade natural	84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 A Construção do Conhecimento	19
2.1.1 Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica	20
2.1.2 Modelos Mentais	25
2.1.3 Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)	27
2.2 Física Moderna e Contemporânea	28
2.2.1 A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio	29
2.3 Física Nuclear	30
2.3.1 Física de Partículas	31
2.3.2 A Descoberta da Radioatividade	33
2.3.3 Princípios Químicos da Radioatividade	35
2.3.4 A Desintegração Radioativa	37
2.3.5 Radioatividade e suas Aplicações	38
2.4 Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA)	39
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	41
3.1 O Ensino	41
3.2 A Pesquisa	42
3.2.1 Pesquisa Qualitativa em Educação	42
3.2.2 Sujeitos da Pesquisa	42
3.2.3 Os Instrumentos	43
3.3 A Sequência Didática	43
4 DESENVOLVIMENTO E DESCRIÇÃO DO PRODUTO	47
4.1 Roteiro do Produto	47
4.2 Descrição da Elaboração do Produto	49
5 APLICAÇÃO DO PRODUTO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	64
5.1 Descrição da Aplicação do Produto e Análise dos Resultados	64
5.2 Discussão dos Resultados: progressão dos <i>MMt</i>	108
6 CONCLUSÃO	109

REFERÊNCIAS	111
APÊNDICES	115
APÊNDICE A - Produto Educacional	116
ANEXOS	167
ANEXO A – Pesquisa sobre Radioatividade aplicada em 2017 para alunos do EM	168
ANEXO B – Carta Histórica de Albert Einstein ao presidente Franklin D. Roosevelt	169
ANEXO C – Modelo Padrão das Partículas Elementares	171
ANEXO D – Manifesto produzido pelos alunos no 3º momento	172

1. INTRODUÇÃO

Na sociedade contemporânea, o ensino de Ciências tem o desafio de educar crianças e jovens dentro do contexto humano, cultural, científico e tecnológico. Portanto, vem crescendo o número de pesquisas que falam da importância da Educação e o Ensino de Ciências para a qualificação do indivíduo como um todo (CAMPOS; NIGRO, 2009; FIN; MALACARNE, 2012; SANTOS; BISPO; OMENA, 2005). Apesar disto, os alunos apresentam algumas dificuldades na apreensão de conceitos científicos, seja pelo grau abstração destes ou pela falta de uma base para se sobrepôr (POZO; GOMEZ CRESPO, 2009). Outro fato é que, ideias, conceitos e informações são apreendidas ou retiradas de cena à medida que se desenvolvem estudos sobre a estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 2009).

No contexto de um ensino de Física, mesmo diante da certeza e da necessidade de se abordarem questões intrínsecas da sociedade, os conteúdos são muitas vezes ministrados de forma sistemática, com uma abordagem direta, estabelecida por prazos a cumprir, avaliações, preenchimento de relatórios e outras atividades que fazem parte do cotidiano do professor. Essas atividades podem se tornar obstáculos para o andamento da disciplina, pois consomem boa parte do tempo útil em sala de aula.

A utilização de estratégias variadas e ações que favoreçam o processo de ensino e de aprendizagem, parece ser uma solução à curto prazo para se superarem tais obstáculos e potencializa o reduzido número de aulas semanais de Física, incluindo, sobretudo, discussões acerca de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC).

A introdução da FMC no Ensino Médio tem sido motivo de estudos de vários pesquisadores (OFUGI; PETROCOLA, 2000; OSTERMANN; CALVALCANTE, 1999; PEREIRA; OSTERMANN, 2009; TERRAZZAN, 1992), preocupados em oferecer ao aluno do Ensino Médio maior compreensão sobre o mundo atual, o uso das novas tecnologias e as soluções para os problemas criados em decorrência da sua utilização. Sobre a inserção da FMC em nível médio, Ostermann e Moreira (2000, p. 44) elaboraram uma lista consensual com relação a tópicos de FMC que deveriam ser ensinados aos alunos. Físicos, pesquisadores em ensino de Física e professores do nível médio selecionaram o efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, *Big Bang*, estrutura molecular e fibras ópticas como tópicos mais relevantes e solicitados para este fim. Segundo os resultados,

esses temas podem ser tratados de forma mais conceitual, bem como gerar discussões amplas o que certamente facilita a contextualização da Física com o cotidiano do aluno.

A Física Nuclear é um dos temas da FMC com bastante abrangência e presente na atualidade. Seja aplicada ao contexto da produção energética de um país, a industrialização, os recursos medicinais a tecnologia de armas nucleares, a engenharia de materiais, dentre outros, o conhecimento dessa temática é certamente fundamental para o desenvolvimento nacional.

A despeito dessa importância, a abordagem em nível médio necessita, muitas vezes, de um delicado processo de transposição didática, uma vez que seu ensino envolve um elevado grau de formalismo matemático e abstração conceitual. Somados a esses fatores, a falta de preparo dos professores associada à dificuldade em encontrar experiências de FMC de baixo custo, têm sido apontados por pesquisadores (BOFF, BASTOS, MELQUIADES, 2014; SILVA, 2012) como impecílios para sua inserção no Ensino Médio.

VALENTE *et al.* (2008) defendem a discussão do tema Física Nuclear em sala de aula, como reforço e renovação curricular no Ensino Médio, apontando alguns pontos críticos deste processo, como o despreparo dos professores, a extensão dos programas escolares e a falta de material didático.

Apesar de ser um tema da FMC, o estudo da Física Nuclear surgiu a partir da descoberta da Radioatividade em 1896, pelo físico francês Antonie Henri Becquerel. Abrange um conhecimento que vai desde as partículas fundamentais até as imensas estruturas que formam o universo. Seu objetivo é entender as propriedades básicas dos núcleos e da matéria nuclear, podendo dessa forma encontrar uma teoria que seja completa sobre os núcleos mais completos (MÁXIMO; ALVARENGA; GUIMARÃES, 2017).

A Radioatividade ainda desperta o interesse da humanidade permeada por considerações fantasiosas embasadas em produções artísticas de ficção científica.

Desde a descoberta da Radioatividade, áreas como indústria, agricultura, arqueologia, recursos energéticos, dentre outras, têm intensificado a utilização das suas propriedades para melhoria do rendimento produtivo. Apesar de todo esse sucesso, ao longo dos séculos XX e XXI as grandes catástrofes ambientais decorrentes de acidentes espalharam mundo afora o terror à radioatividade.

Se por um lado, o desconhecimento mostra a fragilidade do sistema e o quanto a humanidade ainda precisa evoluir para conquistar níveis satisfatórios de compreensão (YOUNG; FREEDMAN, 2009; TORRES; FERRARO; SOARES, 2009). Por outro lado, o agravamento dos problemas ambientais provocou discussões sobre o conhecimento científico

e o seu grau de influência na sociedade, assim, na década de setenta surgiu o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) como crítica ao avanço científico e tecnológico, e com um olhar voltado nas relações do homem com a Natureza e o meio social (VASCONCELLOS; SANTOS, 2008).

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), temas da FMC como a Energia Nuclear, a Radioatividade, devem ser incluídos no currículo do Ensino Médio, pois proporciona ao aluno a compreensão dos fundamentos que relaciona a teoria com a prática, em todas as disciplinas (BRASIL, 1996). Porém, é necessário que os alunos associem os conceitos de energia nuclear, sua utilização e importância, dentro de uma visão mais crítica sobre a Radioatividade e estabelecendo relações pertinentes entre os modelos análogos com eventos da Física Nuclear e, para assim, contribuir com o desenvolvimento da FMC.

Diante da riqueza dessa temática, acredita-se que abordar o estudo sobre a Radioatividade já nas séries iniciais torna-se imprescindível para a formação de um “cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2007, p.1).

Alguns métodos têm sido utilizados para o ensino da Radioatividade no EM (LIMA; YOSHIMURA; VICENTE, 2010; SILVA *et al.*, 2012; SOUZA; PASCHOAL, 2010). Dentre eles a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) ganha destaque por ser um método que tem como fundamento a utilização de problemas como ponto de partida para a aquisição e integração de novos conhecimentos. O foco é o aprendiz, sendo o professor um facilitador do processo de aquisição do conhecimento (SOUZA; DOURADO, 2015).

Contrária aos métodos formais de ensino e aprendizagem a ABP permite acompanhar a assimilação progressiva do conhecimento do aluno, sendo possível e facilitado esse acompanhamento por meio da análise dos modelos que esses alunos explicitam em diferentes oportunidades de ensino (tratados como modelos mentais de trabalho) rumo a uma aprendizagem mais significativa. Para Moreira (1996), a construção de modelos mentais é o primeiro passo da interação cognitiva que caracteriza a aprendizagem significativa. Logo, dar significados a conhecimentos novos implica construir modelos mentais cada vez mais abrangentes e significativos.

Johnson-Laird (1983) defende que as pessoas raciocinam com modelos mentais, análogos estruturais da realidade em que vivem, os quais podem ser melhorados, tornando-se mais abrangentes, ou não, de acordo com os desafios propostos pelo estudo de uma temática.

Do ponto de vista do ensino sobre Radioatividade é fundamental que o estudante consiga explicitar modelos científicos sobre a constituição da matéria que incluam as interações no núcleo dos átomos, os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas, identifique e consiga lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos, dentre outros. Ou seja, o estudo dessa temática perpassa competências relacionadas à compreensão do mundo material e microscópico.

Aplicando esses princípios ao contexto do ensino da física, entender um fenômeno físico, então, é saber o que o causa, o que resulta dele, como iniciá-lo, influenciá-lo ou evitá-lo. Na linguagem de Johnson-Laird, é ter um modelo mental de trabalho do fenômeno (MOREIRA; GRECA; PAMERO, 2002).

O que se espera no ensino é buscar “mecanismos” para se conhecer os modelos mentais dos alunos, a fim de identificar a aprendizagem dos modelos ensinados, isto é, os modelos conceituais criados pelos cientistas.

Diante desse desafio a presente pesquisa tem como objetivo geral analisar **em que medida uma proposta didática baseada na problematização pode contribuir para a explicitação de Modelos Mentais sobre Radioatividade em nível médio.**

Seguindo estes passos os objetivos específicos da pesquisa são elaborar um material composto de textos e atividades sobre Física Nuclear e Radioatividade baseados em discussões e estudo de casos, observar os modelos mentais explicitados pelos alunos por meio da problematização, despertar uma visão crítica a respeito das questões ligadas à CTSA.

A base teórica utilizada para a análise dos dados obtidos pela aplicação do material didático em sala de aula é a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird (1983), definido por Greca e Moreira (2002) como sendo estruturas cognitivas idiossincráticas, determinadas e concretas, que se revelam como na memória de trabalho do indivíduo e traz a compreensão, explicação ou predição da uma situação ou processo específico, funcionando como modelos análogos e estruturais às situações físicas, ou processos, ao que se quer modelar. Segundo Greca e Moreira (2002), modelagem é um termo genérico que pode envolver modelos físicos, conceituais e mentais.

Greca e Moreira (2002) afirmam que: “saber modelar ou representar o que aprendeu é o resultado esperado na Educação”. Vê-se nessa afirmação a clara relação entre a aprendizagem significativa, por meio da exteriorização de modelos mentais coerentes, com os modelos mentais conceituais ensinados, melhorando os resultados de avaliação.

O presente trabalho utiliza de situações distintas e progressivas no processo de modelagem mental do aluno, buscando nos modelos exteriorizados de uma determinada

situação indícios instantâneos de modificações conceituais, sendo que tais modificações poderão alimentar construtos mais elaborados, contribuindo para o processo educativo.

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, envolvendo estudo de caso, com a elaboração, aplicação e avaliação de um material didático potencialmente significativo baseado no método ABP, a fim de auxiliar professores e estudantes no processo de ensino e aprendizagem dos temas FMC, Física Nuclear e Radioatividade na literatura disponível para o ensino Médio.

O tema abordado neste trabalho, Física Nuclear e Radioatividade, compreende o 4º bimestre do 2º ano do ensino Médio. O produto educacional que contém uma sequência didática foi aplicada ao longo de 9 (nove) encontros de 2 horas/aula cada, perfazendo um total de 18 horas/aula, o que corresponde a um bimestre, em uma turma da 2ª série do Ensino Médio no Colégio Estadual Doutor Sylvio Bastos Tavares, município de Campos dos Goytacazes – RJ.

O Capítulo 2 deste trabalho apresenta uma revisão da literatura acerca da Física Nuclear, das Teorias de Aprendizagem que embasam a pesquisa e dos métodos de análise dos resultados.

O Capítulo 3 descreve a Metodologia da Pesquisa empregada e os desdobramentos da sua utilização.

No Capítulo 4 é realizada uma Descrição do Produto Educacional desenvolvido durante esta pesquisa, detalhando cada uma das etapas.

O Capítulo 5 relata a aplicação do produto em sala de aula, com foco nos impactos e nas observações que foram realizadas durante a aplicação.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as Considerações Finais sobre a pesquisa e os resultados obtidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentadas, de forma resumida, as bases teóricas que direcionaram a pesquisa, a investigação e o desenvolvimento do produto educacional.

Ele está dividido em quatro seções. Na primeira são analisados os mecanismos da construção do conhecimento, tendo como principal referencial a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, com a apropriação dos conceitos de Modelos Mentais proposto por Johnson-Laird, a partir dos fundamentos da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), com o objetivo de discutir e analisar as reflexões que giram em torno do tema.

A segunda seção aborda a importância do estudo da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, a sua utilização e importância do seu conhecimento para a sociedade. Os temas da FMC, Física Nuclear e Radioatividade, estão presentes na terceira seção. Na última seção, os temas são tratados sob o enfoque CTSA, trazendo uma abertura para a relação do currículo tradicional com o que a sociedade espera do estudo da FMC.

2.1 A Construção do Conhecimento

O conhecimento é um aspecto exclusivo do homem, pois dentre todos os seres vivos ele é o único capaz de criar, produzir, transformar e registrar os fatos de maneira a repassá-los para as gerações futuras e ainda com uma capacidade de apreender e tratar as informações recebidas da melhor maneira possível. Para que este fato ocorra, dois elementos são imprescindíveis: sujeito e objeto, uma vez que não há conhecimento sem o sujeito da intervenção, aquele que está disposto a interagir com o meio, e um objeto que quer se fazer conhecer (CAMARGO, 2004).

Nesta linha de pensamento surge o construtivismo, que tem em Jean Piaget o mais conhecido dos autores. Piaget estabelece nesta teoria o foco sobre o desenvolvimento cognitivo, onde o sujeito é epistêmico e científico, ou seja, constrói o seu conhecimento e conhece o mundo cientificamente (MOREIRA, 2009).

Ainda, segundo a teoria de Piaget, o processo de construção do conhecimento ocorre por meio da integração entre os sistemas que compõem esse processo, o indivíduo e como este interage com o sistema para adquirir novos conhecimentos (MOREIRA, 2009; POZO; GOMEZ CRESPO, 2009).

Essa tendência de integrar os sistemas de forma estruturada é chamada por Piaget de organização, ele ressalta que a mente humana para se equilibrar precisa permanentemente de um grau de organização e adaptação ao meio. Porém, para que haja adaptação é necessário que haja uma fonte organizada, pois a adaptação tem como base uma organização inicial expressa no esquema, sob um processo dinâmico de assimilação e acomodação (MOREIRA, 2009; POZO; GOMEZ CRESPO, 2009).

Assimilação, ou esquema de assimilação, é o processo cognitivo pelo qual o indivíduo recebe novos conceitos que podem ou não permanecer invariáveis, mas que modificados para se integrar de maneira adaptativa e atingir um novo estado de equilíbrio. Esta reestruturação é o que chamamos de acomodação. Na verdade, assimilação e acomodação são processos complementares e juntos levam à adaptação, capacidade do organismo de adaptar ao meio interagindo com ele (CAMARGO, 2004; MOREIRA, 2009; POZO; GOMEZ CRESPO, 2009).

Assim, a construção do conhecimento, dentro da visão construtivista, passa por um processo de integração relacional entre o objeto e o aluno, sujeito da aprendizagem.

Sendo que a aprendizagem é

[...] um conjunto de atividades, cuja realização conduz o aluno a novos conhecimentos e hábitos ou proporciona novas qualidades ao já conhecido. É uma atividade, por natureza, social: realiza-se por meio de instrumentos sociais e desenvolve-se mediante a cooperação e a comunicação (CAMARGO, 2004, p. 118).

Neste contexto, acredita-se que para haver aprendizagem, são necessários instrumentos que auxiliem a sua apropriação do conhecimento aliados a outros que possibilitem a verificação de indícios desta aprendizagem, sem esquecer que sujeito e objeto são essenciais e o foco da nossa atenção.

2.1.1 Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica

A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel é pertencente ao construtivismo, corrente filosófica que acredita ser a apropriação do conhecimento fruto da interação entre a nova informação apresentada e aquela outrora conhecida (MOREIRA, 2006; POZO, 2002; POZO; GOMEZ CRESPO, 2009).

Para Ausubel o fator mais importante a ser considerado na aprendizagem significativa é aquilo que o indivíduo já sabe, ou seja, o conhecimento pré-existente em sua estrutura

cognitiva acerca daquela área de conhecimento, sendo necessária averiguá-lo previamente e só então estabelecer estratégias para o ensino (AUSUBEL, 1978; MOREIRA, 2009).

Assim, o aprender significativamente implica no domínio dos conceitos de forma a integrar uma nova informação aos conhecimentos previamente adquiridos, esta integração no indivíduo se dá de maneira não literal (substantiva) e não arbitrária. Não arbitrária porque a integração dos conceitos relacionamento não é com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas com os conhecimentos relevantes. Substantiva porque os conceitos são incorporados à estrutura cognitiva (MOREIRA, 2006).

Resumidamente temos que, o conhecimento já existente tem grande importância e serve de ancoradouro para a nova informação e assim ocorre a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2009).

Isso não ocorre na aprendizagem mecânica, que é definida por Ausubel (1978) como automática e contrapõe à aprendizagem significativa, ou seja, é literal e arbitrária. Neste contexto, não há interação entre o novo conhecimento e nenhum aspecto relevante da estrutura cognitiva preexistente. Acontece geralmente quando o indivíduo memoriza a informação para aquele propósito, mas depois de um tempo o conhecimento é esquecido.

Na aprendizagem mecânica, segundo Moreira: “O novo conhecimento não se incorpora à estrutura nem a modifica. O aprendiz não dá significados ao que aprende, apenas armazena mecanicamente a informação que recebe.” (MOREIRA, 2009, p. 31).

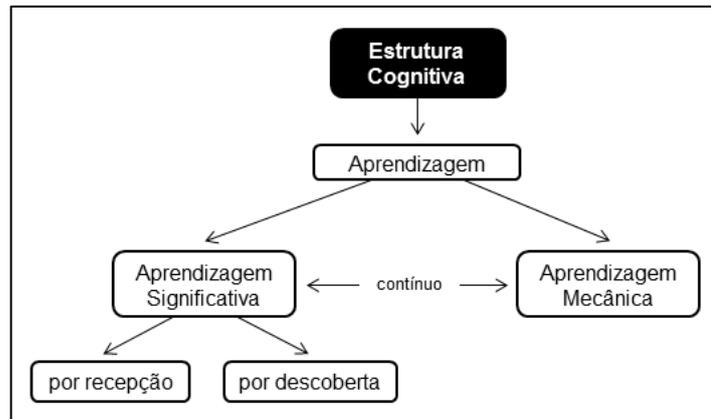
Ausubel (1978) afirma que a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa não são aprendizagem opostas, na verdade em alguns casos o indivíduo precisa receber informações de forma mecânica, quando na estrutura cognitiva faltam-lhe informações para associar com novos conhecimentos. Portanto, é possível que uma aprendizagem inicialmente mecânica se transforme progressivamente em significativa, para tanto é necessário que o aprendiz ache significado ao conhecimento adquirido.

Mas, tanto aprendizagem significativa, quanto mecânica, podem utilizar dois caminhos, a aprendizagem por recepção e a aprendizagem por descoberta, como ilustra a Figura 1.

A aprendizagem por recepção consiste na apresentação de conteúdos como produto final, nela o indivíduo recebe a informação sem muita interação no processo construtivo do conhecimento (MOREIRA, 2009). A interação neste caso, entre o sujeito e o objeto, fica por conta do que é apresentado como resultados, não se importando com os passos dados para obtê-los, pois acredita-se que estes não tem grande importância e nem influenciará na aprendizagem.

Por outro lado, na aprendizagem por descoberta, o conteúdo a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz antes que ele seja incorporado na estrutura cognitiva. Primeiramente o aprendiz deve organizar as informações, integrá-las à sua estrutura cognitiva e reorganizar a fim de que a solução final seja a descoberta (MOREIRA, 2006).

Figura 1 – Esquema da Aprendizagem por recepção e por descoberta.



Fonte: o autor, 2018.

Independente do caminho, o que diferencia a aprendizagem significativa é que nela as novas informações e ideias interagem, de forma não literal e não arbitrária com os conhecimentos prévios da estrutura cognitiva, sendo este o ponto essencial, segundo Ausubel.

Este conhecimento prévio pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, que David Ausubel chamava de subsunçor ou ideia-âncora (MOREIRA, 2006).

Subsunçor é definido por Moreira (2009) como um conceito, uma proposição, uma imagem, um símbolo ou um conhecimento específico, com pelo menos alguma clareza, estabilidade e diferenciação. Os subsunçores já existem na estrutura cognitiva do indivíduo, podendo ser abrangentes ou limitados, bem ou pouco desenvolvidos.

De maneira conclusiva, Ausubel (1978) afirma ser a estrutura cognitiva um conjunto de subsunçores e suas inter-relações. Portanto,

a disponibilidade de subsunçores adequados (especificamente relevantes) é condição necessária pra a aprendizagem significativa (mas não suficiente, pois o aprendiz deve apresentar também uma atitude de relacionar os novos conhecimentos aos conhecimentos prévios) (MOREIRA, 2009, p. 32).

Por meio das interações, os subsunçores vão adquirindo novos significados, formando assim novos subsunçores que interagem constantemente entre si e modificam toda a estrutura cognitiva do indivíduo. Ou seja, à medida que o aprendiz processa as informações e a

aprendizagem vai se tornando mais significativa, os subsunçores se também se tornam mais elaborados e prontos para ancorar novos conhecimentos (MOREIRA, 2006).

Assim, o indivíduo se torna apto a interagir com novos saberes.

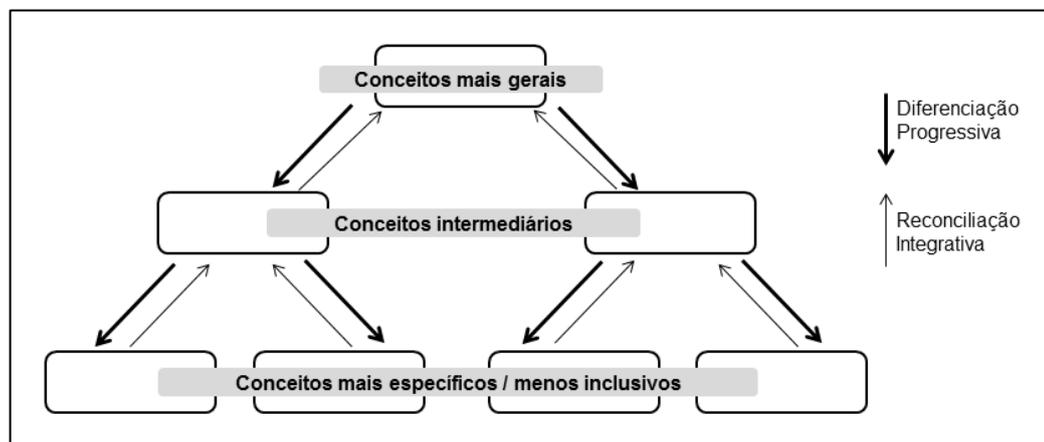
Como já dito, a interação com o novo conhecimento, modifica o conhecimento prévio dando a estes novos significados. Na aprendizagem significativa, a construção do conhecimento segue um caminho: o processo de assimilação na aquisição, retenção e organização. A ocorrência deste episódio por várias vezes leva à diferenciação progressiva.

A diferenciação progressiva trata da aprendizagem em que os conteúdos são apresentados dos mais gerais e inclusivos para que progressivamente, sejam diferenciados aos conteúdos mais específicos e detalhados (MOREIRA, 2009).

O princípio de Ausubel da diferenciação progressiva estabelece que a aprendizagem significativa é um processo contínuo, no qual novos conceitos adquirem maior significado à medida que são alcançadas novas relações (ligações preposicionais). Assim, os conceitos nunca são “finalmente aprendidos”, mas sim permanentemente enriquecidos, modificados e tornados mais explícitos e inclusivos à medida que se forem progressivamente diferenciando (NOVAK; GOWIN, 1996, p. 114).

Outra ocorrência no processo de condução da aprendizagem significativa é o estabelecimento de relações entre ideias, que podem ser conceitos ou proposições já consolidadas na estrutura cognitiva. A partir do momento que os conceitos adquiram alto grau de diferenciação, a sua relação com outros conceitos, passa a ter novos significados levando a uma reorganização da estrutura cognitiva (MOREIRA, 2006), como ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Diferenciação Progressiva x Reconciliação Integrativa.



Fonte: o autor, 2018.

Essa reorganização de conceitos é conhecida por reconciliação integrativa, processo pelo qual existe uma reconciliação real e manifesta entre os conteúdos existentes, de forma a destacar as diferenças e similaridades relevantes (MOREIRA, 2006).

Na teoria da aprendizagem significativa podemos destacar como pontos de relevância para a obtenção da aprendizagem significativa, em primeiro lugar o conhecimento daquilo que o indivíduo já sabe, o subsunçor, que é onde a nova informação (ideia, conceito, proposição) achará ancoragem e por meio dela encontrará novo significado.

Outro ponto relevante é o fato que os novos significados, na interação com o indivíduo, vão se estruturando e se tornam mais estáveis, reestruturando a aprendizagem de forma significativa. Neste contexto há a necessidade de um planejamento para levar ao indivíduo informações organizadas, observando os preceitos da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

O psicólogo David Ausubel defende que as ideias e conceitos mais gerais e abrangentes são assimilados e, então, desdobrados em outros conceitos, pela introdução de detalhes e/ou exemplos em níveis hierárquicos mais específicos (AUSUBEL, 2000; NOVAK, CAÑAS, 2010).

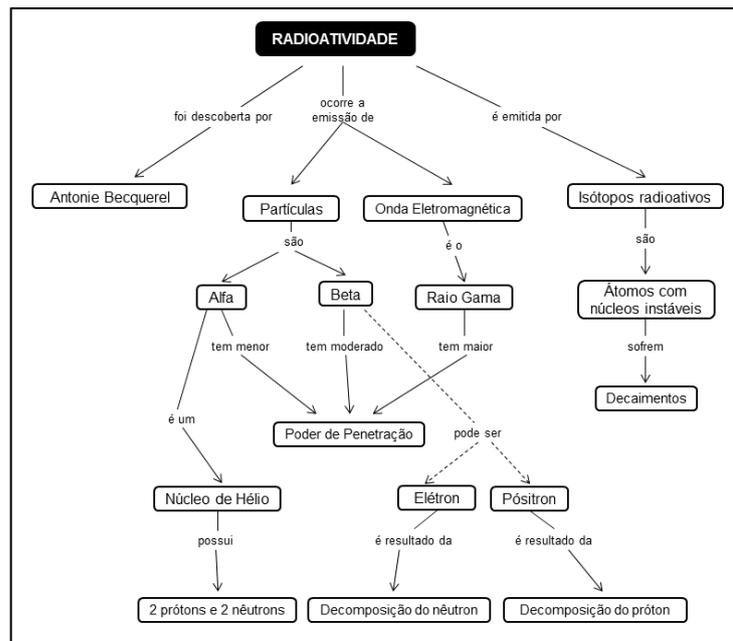
Avaliar esse conhecimento certamente não é uma tarefa trivial. Orientado por Ausubel, Joseph Novak propõe o uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação aplicável em todo o processo de aprendizagem do aluno. São diagramas conceituais nos quais são estabelecidas relações conceituais diferenciadas progressivamente, as quais possibilitam o conhecimento do indivíduo sobre determinado assunto. Para esse autor, ao ser elaborado, o mapa conceitual facilita a organização e a estruturação das ideias (MOREIRA, 2005).

Segundo Caldas (2009 apud Moreira, 2006), mapas conceituais devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de uma disciplina ou de um conteúdo variado e que derivam sua existência de sua própria estrutura conceitual. Os mapas conceituais podem ser traçados para toda uma disciplina, para um tópico específico de uma disciplina e assim por diante.

A Figura 3 traz um modelo simples de um mapa conceitual.

Na perspectiva de avaliação da aprendizagem, os mapas explicitam relações de subordinação e superordenação, que segundo Moreira (2006), possivelmente influenciará na aprendizagem de conceitos. São representações concisas de estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal, é provável que facilitem a aprendizagem dessas estruturas.

Figura 3 – Modelo de um mapa conceitual.



Fonte: o autor, 2018.

Em pesquisa realizada por De Aguiar e Correia (2013) sugerem-se quatro parâmetros de referência que relacionam teoria e prática na elaboração de um bom mapa conceitual. Salientam a importância dos conectores ou palavras de ligação entre os conceitos.

Nessa mesma linha, Caldas (2013) faz uso desses conectores na análise de mapas conceituais elaborados por alunos de nível médio, na inferência de modelos mentais de trabalho. A autora afirma que podem ser destacados de mapas, ligações conceituais corretas e relevantes para a inferência de um modelo mental coerente sobre diferentes temas de estudo. Ambos os autores qualificam os mapas conceituais como efetivas ferramentas de avaliação da aprendizagem.

2.1.2 Modelos Mentais

Segundo Moreira (1996), “um modelo mental é uma representação interna de informações que corresponde analogamente com aquilo que está sendo representado”. É uma representação de tudo que tenha algum significado, ou mesmo um aspecto do mundo externo ou interno que possa ser expresso, mesmo que através da imaginação. As representações podem ser divididas em dois grupos: externas e internas (mentais).

As representações externas são manifestações que o indivíduo externiza por meios de símbolos linguísticos, pictóricos ou diagramáticos, como, por exemplo, mapas, pinturas, manuais, descrições escritas (MOREIRA, 2009).

As representações internas também se distinguem em dois grupos: representações análogas e representações proposicionais.

Representações analógicas não tem uma rígida organização de combinação entre organizadores internos, usando aqueles específicos para a informação. A imagem visual é um exemplo típico de representação analógica, mas também há as auditivas, as olfativas, as tácteis (MOREIRA, 1996).

As representações proposicionais se diferem das analógicas por serem discretas (individuais), abstratas, são organizadas segundo regras rígidas e captam o conteúdo independentemente da característica da fonte de informação, ou seja, em qualquer língua e ou através de qualquer dos sentidos (MOREIRA, 1996).

Para Johnson-Laird (1983) as pessoas raciocinam com modelos mentais, porém estes são como blocos cognitivos que podem ser combinados de maneira que se fizer necessário. Como qualquer outro modelo, os mentais representam o objeto ou a situação de maneira analógica, preservando a sua essência.

Não existe um único modelo mental para referendar certo estado. Podem sim existir vários, mesmo que apenas um represente de maneira precisa esse estado. Cada modelo mental é uma representação analógica desse estado e, reciprocamente, cada representação analógica corresponde a um modelo mental (MOREIRA, 2009).

Johnson-Laird afirma que os modelos mentais e as imagens são representações de alto nível e essenciais para o entendimento da cognição humana e que as pessoas usam modelos mentais para raciocinar ao invés de uma lógica mental (MOREIRA, 1996).

Segundo esta teoria, há três premissas fundamentais acerca da modelagem esquemática:

- Nós construímos modelos mentais que representam o nosso mundo físico e social no que se refere aos seus aspectos mais importantes, utilizando de elementos para tentar explicar o mundo (MOREIRA, 1996);
- A nossa visão do mundo depende muito das interações anteriormente estabelecidas, e o nosso conhecimento vai depender da nossa habilidade de construir modelos desse mundo (MOREIRA, 1996);

- Os modelos mentais são manifestações pessoais internas, mas podem ser explorados diretamente. Basta que haja uma investigação com o uso das ferramentas certas, como, por exemplo, os modelos conceituais (MOREIRA, 1996).

A principal função de um modelo mental é permitir ao seu construtor explicar e fazer previsões sobre o sistema físico que o modelo representa, relacionando com modelos conceituais, utilizados como facilitadores da organização concreta dos modelos mentais (MOREIRA, 1996).

Assim, os modelos mentais tem grande importância no processo de verificação de indícios da aprendizagem significativa, pois como ferramenta, permitir a associação e comparação dos modelos mentais de trabalhos antes e depois da interação com certa informação.

Para tanto, mecanismos auxiliares são necessários para que o indivíduo tenha a oportunidade de exteriorizar de forma concreta o seu modelo mental.

2.1.3 Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é um método de aprendizagem que tem como fundamento a utilização de problemas como ponto de partida para a aquisição e integração de novos conhecimentos. O foco deste método é o aprendiz, sendo o professor um facilitador do processo de aquisição do conhecimento (SOUZA; DOURADO, 2015).

Na ABP os problemas são um estímulo para a aprendizagem e para o desenvolvimento das habilidades de resolução, os aprendizes são desafiados a comprometer-se na busca pelo conhecimento, por meio de questionamentos e investigação, para dar respostas aos problemas identificados (SOUZA; DOURADO, 2015).

O favorecimento da aquisição do conhecimento na ABP está no fato dos problemas serem apresentados num contexto real, isso possibilita ao aprendiz a organização das informações, a transferência dos conhecimentos, o desenvolvimento de habilidades (integração à sua estrutura cognitiva) e a reorganização das informações (SOUZA e DOURADO, 2015; MOREIRA, 2006).

Os conceitos da ABP remonta ao que Ausubel denomina de aprendizagem por descoberta, pela sua organização, seu nível investigativo e a maneira como o conteúdo é apreendido, para então ser incorporado na estrutura cognitiva, seguindo os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa.

A ABP possui uma estrutura básica regida por princípios gerais que lhe permitem, de acordo com o nível escolar, o curso universitário e a disciplina, modelar-se a fim de atender a cada uma das especificidades (BARELL, 2007; LAMBROS, 2004).

A compreensão da estrutura básica da ABP é o que permite a sua utilização, com algumas adaptações, nos diversos níveis de ensino, para quaisquer cursos, disciplinas ou conteúdos (SOUZA; DOURADO, 2015).

Este trabalho optou por utilizar a estrutura da ABP proposta por Souza e Dourado (2015), ela é constituída por quatro etapas:

1ª. Etapa: Escolha de uma problemática que seja pertinente ao contexto do aprendiz, para que a identificação imediata promova a interação com a atividade proposta.

2ª. Etapa: De posse da problemática, os aprendizes iniciam o processo de organização do contexto, buscando o aprofundamento do conhecimento. Esta etapa segue com discussões e planejamento das investidas para chegar à solução dos problemas propostos.

3ª. Etapa: Com outros recursos fornecidos pelo professor, os aprendizes se apropriam das informações por meio de leitura, análise crítica e todos os recursos à sua disposição para levantar as hipóteses de solução.

4ª. Etapa: Elaboração de conclusões e reflexões, apresentação dos resultados.

A utilização da ABP como método de ensino possibilita o desenvolvimento da criatividade, criticidade e a interação social, podendo ainda ser utilizado como um agente facilitador do tratamento da Física pouco comum, mas de grande relevância social, como a Física Moderna.

Do ponto de vista do ensino sobre FMC possibilita ao estudante explicitar modelos científicos que incluam interações e percepções da sua observação de mundo, identificando na problemática solução para questões do mundo material e microscópico.

2.2 Física Moderna e Contemporânea (FMC)

A Física ao longo da história busca desenvolver na humanidade uma visão crítica acerca dos fenômenos que podemos observar na natureza, seja com a utilização de experimentos ou mesmo pela elaboração de teorias que venham representar os fenômenos e assim elucidar dúvidas que param na sociedade e que, de certo, sempre intrigaram a sociedade.

No final do século XIX, as pesquisas com os gases rarefeitos permitiram três grandes descobertas: os Raios X, por Wilhelm Roentgen em 1895; a radioatividade, por Henri Becquerel e Madame Curie entre 1896-1898; e o elétron, por J.J. Thomson em 1897. Estudos posteriores realizados por Ernest Rutherford (1898) e Niels Bohr (1913) introduziram um modelo atômico mais estruturado, porém com algumas dúvidas.

Estes e outros estudos desempenharam um grande papel na criação da Física Moderna (FM), que é constituída sobretudo pelos conhecimentos da física desenvolvidos no início do século XX. Os estudos produzidos nesse período podem ser divididos em duas grandes linhas: a teoria da relatividade, proposta por Einstein, e a teoria quântica, iniciada por Max Planck.

Contribuições de outros físicos em todo século XX possibilitou a elaboração de novas hipóteses que viram responder questões de incertezas e criando novos paradigmas.

2.2.1 A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

O currículo de Física tem sido discutido desde que a Lei nº 9394/96 _ também denominada Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) _ foi criada e a implementação por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), para atender as questões contemporâneas educacionais e sociais.

Esses dois documentos determinam uma formação mais ampla do aluno, onde as habilidades e competências adquiridas lhe darão instrumentos para a compreensão do mundo em que vive.

Porém, avanços científicos e tecnológicos têm gerado uma nova visão de mundo por meio da disseminação dos conhecimentos de forma rápida e sem tempo para aprimoramentos dos conceitos científicos. Esses avanços devem também estar presentes no cotidiano escolar, como prevê a LDB e o PCN, desde o currículo até as práticas educacionais.

Assim, os tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) devem estar presentes no Ensino de Física por força legal e por se tratam de conhecimentos que permeiam a contemporaneidade.

A FMC é composta por conteúdos que auxiliam na compreensão dos aparatos tecnológicos que permeiam a vida do aluno, com a proposta de ampliação da sua visão no aspecto dos impactos na sociedade atual. Assim, o ensino de Física propõe contribuir para que o aluno torne-se consciente do mundo em que vive e assim possa participar e atuar na sua construção como cidadão (TERRAZZAN, 2004).

Sobre a FMC o PCN afirma que:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. (BRASIL, 2007, p. 71)

Portanto, de acordo com os PCN, há necessidade de discutir os temas da FMC em sala de aula, pois são conteúdos que aprofundam o entendimento sobre os fenômenos da natureza levando os alunos ao entendimento das tecnologias que os rodeiam. Esses conhecimentos estão repletos de conteúdos que geram a curiosidade natural do indivíduo, podendo levar à busca contínua pelo saber.

Especificamente, no estado do Rio de Janeiro foi elaborado um documento denominado de Currículo Mínimo Estadual (CME) onde, baseado no PCN, tem o objetivo de orientar as escolas estaduais de forma a alinhar os conteúdos mínimos a serem ministrados em todas as escolas da rede.

O CME afirma a importância da FMC, sendo que este tema é trabalhado nos três anos do ensino Médio, com o intuito de “atrair os estudantes e dar maior significado para o estudo da Física” (REIS, 2012). Afirma ainda que o conhecimento de alguns temas da FMC é fundamental para a compreensão da Física sob a nova visão construída no século XX (REIS, 2012).

2.3 Física Nuclear

A descoberta do núcleo do átomo, por Rutherford, possibilitou o desenvolvimento e continuidade de vários estudos nos campos da Física e da Química. Dentre outros, ele observou que o núcleo era dezenas de milhares de vezes menor que o raio de do próprio átomo, isso impulsionou a humanidade a formular teorias que alcançasse essas propriedades.

Desde que as primeiras experiências de Rutherford foram realizadas, inúmeras outras surgiram envolvendo os componentes atômicos, chegando a descobertas e elaboração de conceitos como o de raio atômico, energia de ligação, perda de massa, energia de ligação por núcleon e forças nucleares.

A descoberta da chamada Força Nuclear teve grande importância neste estudo, pois entendeu-se o mecanismo utilizado para manter os elétrons unidos ao núcleo, para assim formarem os átomos. Além disso, a força nuclear é quem mantém prótons e nêutrons unidos para formarem o núcleo, neste caso denominamos de interação forte.

Os prótons e os nêutrons recebem o nome genérico de núcleons, mas não são só essas partículas que formam o átomo e a matéria.

2.3.1 Física de Partículas

No início do século XX, o estudo dos raios cósmicos e suas propriedades possibilitou a descoberta de muitos outros fenômenos naturais e partículas associados a eles. Em 1928, Skobeltsyn fotografou as primeiras trajetórias de raios cósmicos em uma câmara e verificou que elas apareciam em grupos e que todas as trajetórias pareciam vir de algum ponto acima e nas proximidades do aparelho, como se estivesse no teto.

Em 1932 foi descoberta a partícula denominada de pósitron na radiação cósmica por dois grupos de cientistas: Anderson e Neddermeyer; Blackett e Occhialini.

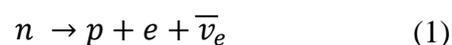
Ainda assim, algumas partículas elementares já eram conhecidas há muitos anos, porém não como determinantes classificatórios, exemplos o elétron, descoberto por Thomson, e o fóton, proposto por Einstein em 1905 e posto em evidência em 1923 por Compton em seu estudo.

Tabela 1 – As Partículas Elementares no início dos anos de 1930.

Grupo	Partícula	Massa (MeV)	Carga	Spin
Núcleon	próton p	938	+ e	½
	nêutron n	940	0	½
Léptons	neutrino ν	$\cong 0$	0	½
	elétron e	0,511	- e	½
Fóton	Γ	0	0	1

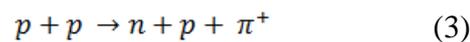
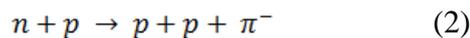
Fonte: LOPES, 2005.

Em 1930, para resolver um problema envolvendo conservação de grandezas físicas na radioatividade alfa, Wolfgang Pauli propôs que existiria uma partícula de carga nula que acompanharia o elétron no processo de desintegração do nêutron. Neste caso ocorre a emissão do elétron e da partícula de Pauli, batizada de neutrino por Fermi:

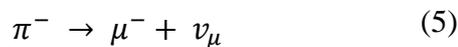


Ao tentar explicar a força de ligação entre nêutrons e os prótons no núcleo, um estudo de Yukawa propôs que um núcleon (nêutron e próton) criaria um campo novo, e a interação especificamente nuclear provém do intercâmbio de partículas de campo de Yukawa, denominada de méson π ou pión.

Após a Segunda Guerra Mundial a física das partículas elementares teve grandes avanços com os trabalhos de Lattes, Muirhead, Occhialini e Powell, que determinou a descoberta, na radiação cósmica, de dois tipos de mésons. O méson pión, π^+ π^- π^0 , tem interação forte com os núcleos:

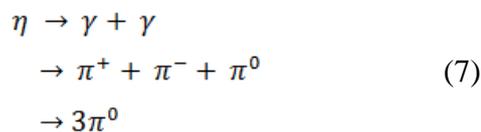


Lattes, Occhialini e Powel descobriram ainda os léptons π , ou píons, partículas já observada por Anderson e Neddermeyer e que neles se desintegram os píons:



Os Muons e píons foram outras partículas descobertas em observações dos raios cósmicos, mas as suas propriedades foram descobertas com o auxílio de superaceleradores como o SLAC, o LAL, o CERN, o FermiLab. Estes superaceleradores levam em conta a variação relativística da massa. Estas máquinas podem acelerar partículas, dentro da faixa dos raios cósmicos, trilhões de elétrons-volt.

Após a descoberta dos píons e múons, vieram os mésons η , que se desintegram segundo os esquemas:

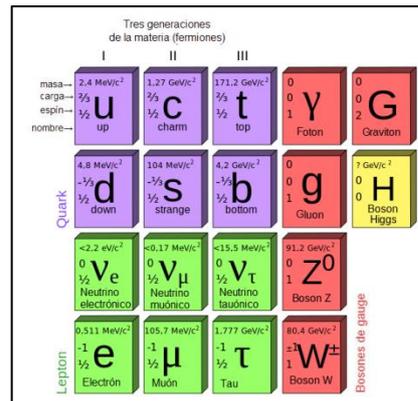


Atualmente as partículas elementares são classificadas de acordo com as interações que elas apresentam, como mostra a Figura 4.

Os férmions se classificam em léptons (aquelas que apresentam interações fracas) e os bárions (tem interações fortes e outras que atuam sobre os léptons).

Os bárions e os bósons têm estruturas compostas por quarks e são caracterizados por certos números quânticos, entre eles o bariônico B para explicar porque o próton é estável.

Os diversos tipos de quarks são chamados sabores. Cada um deles por ter três estados caracterizados por um número quântico chamado cor.

Figura 4 – Modelo Padrão das Partículas Elementares.

Fonte: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia>>, 2018.

A Tabela 2 apresenta os diversos tipos de quarks e suas principais características.

Tabela 2 – Os Quarks e suas características.

Nome em inglês	Aromas	Q (e)	B	I	I ₃	S	C	B	T
up	U	2/3	1/3	1/2	1/2	0	0	0	0
down	D	- 1/3	1/3	1/2	- 1/2	0	0	0	0
charm	C	2/3	1/3	0	0	0	1	0	0
strange	S	- 1/3	1/3	0	0	-1	0	0	0
top	T	2/3	1/3	0	0	0	0	0	1
bottom	B	- 1/3	1/3	0	0	0	0	-1	0

Q = carga; B = número bariônico; I = isospin; S = estranheza; C = charme; b = beleza; t = topness; Q = I₃ + 1/2(B + S + C + b + t)

Fonte: LOPES, 2005.

2.3.2 A Descoberta da Radioatividade

Em 1896, Antoine Henri Becquerel (1852-1908) descobriu que o sal com o qual trabalhava (sulfato de potássio e urânio), sal já conhecido por suas propriedades fosforescentes, emitia um tipo de radiação que não necessitava de estímulos externos. A essa emissão espontânea de radiação deu o nome de Radioatividade.

Nas suas experiências, Becquerel concluiu que o sal de urânio emitia raios capazes de atravessar o papel e escurecer chapas fotográficas e, pouco tempo depois, que essas emissões também ionizavam gases, o que provocava a libertação de elétrons dos átomos do gás, que ficavam carregados positivamente, transformando estes gases em condutores de eletricidade.

A partir de então se tornou possível estudar mais afunda esta radiação observando e medindo a ionização que ela produzia.

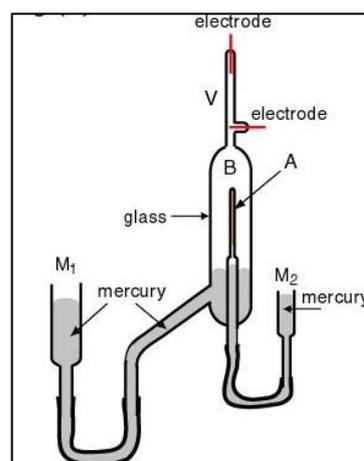
Henri Becquerel foi o descobridor da radioatividade natural, realizando um experimento onde fazia uso de fragmentos fosforescentes de urânio, observou que este material tinha a capacidade de emitir radiação capaz de atravessar superfícies. Para provar que a radioatividade provinha do urânio, Becquerel trabalhou com muitos sais desse elemento e com o próprio metal.

Dando continuidade ao estudo da radioatividade em diversos minerais uraníferos, a cientista Marie Curie constatou que alguns eram muito mais ativos que outros, concluiu então que deveriam existir mais elementos radioativos ainda desconhecidos pra época e assim conseguiu isolar o Polônio e o Rádio.

Era muito comum que as radiações penetrantes fossem confundidas com o Raio X, porém em 1897 Rutherford descobriu que uma eram mais penetrantes que outras. Ele chamou as menos penetrantes de Alfa (α) e as mais penetrantes de Beta (β).

Marie Curie deduziu pelas propriedades de absorção que os raios α eram partículas materiais e em 1903, Rutherford conseguiu obter a deflexão da partícula α , comprovada experimentalmente no aparelho que construiu juntamente com Royds em 1909 (Figura 5).

Figura 5 – Aparelho de Ruherford-Royds para identificar as partículas α .



Fonte: < <http://ne.phys.kyushu-u.ac.jp/seminar> >, 2018.

Em 1900, Villard encontrou uma terceira espécie de radiação de substâncias radioativas, que era mais penetrante que os raios α ou β . Estes raios, chamado por ele de Gama (γ), não são influenciados por campos magnéticos e não possuem carga. Sua energia, entretanto, pode ser medida a partir dos fótons que produzem.

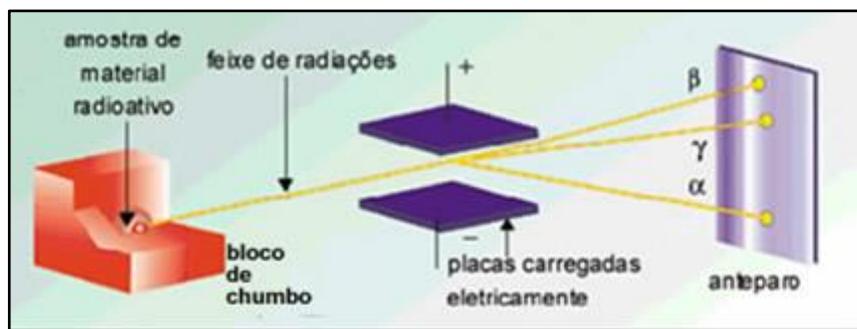
A maior parte das substâncias radioativas emite raios γ acompanhados de α ou β , mas pode-se encontrar os três tipos de radiação numa mesma amostra. Quando os três tipos de radiação são expostos a um campo magnético podem ser caracterizadas pelo seu caráter distinto (Figura 6).

A radiação γ tem natureza eletromagnética, não é influenciada pelo campo elétrico nem magnético, portanto segue em linha reta.

A desintegração β^- é formada por elétrons que são atraídos pelo pólo positivo e, por serem leves, se desviam grandemente a sua trajetória.

A desintegração β^+ é formada de pósitrons que são atraídos pelo pólo negativo e, por serem leves (são as anti-partículas do elétron), se desviam grandemente a sua trajetória.

Figura 6 – Separação Magnética das radiações.



Fonte: < <http://cepa.if.usp.br/e-fisica> >, 2018.

A desintegração α é formada de núcleos de Hélio, cada um com 2 prótons e 2 nêutrons. Por serem partículas carregadas positivamente, elas são atraídas pelo pólo negativo, mas, devido a sua grande massa, o desvio é pequeno.

2.3.3 Princípios Químicos da Radioatividade

A radioatividade é um processo nuclear espontâneo. É maneira utilizada pela natureza para transformar núcleos instáveis numa forma mais estáveis. As partículas emitidas durante esse processo funcionam como transportadoras do excesso de energia que deixa o núcleo instável.

Dos elementos químicos naturais, somente um pequeno número são radioativos, ou seja, tem a tendência de emitir espontaneamente partículas nucleares. Porém, as transformações nucleares podem ser produzidas por reatores e armas nucleares. Nesta

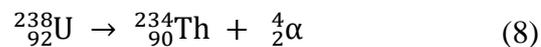
situação, um grande número de núcleos são forçados a emitir radiações e partículas radioativas.

A justificativa para a manipulação atômica e as transformações nucleares é o grande potencial nuclear como fonte energética, principalmente por conta da grande quantidade de energia liberada e por ser uma fonte de energia alternativa.

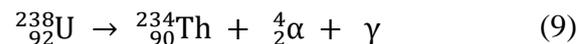
Nos núcleos instáveis, radioativos, os nucleons (prótons e nêutrons) estão em um estado maior de energia, podendo sofrer o que é chamado de decaimento radioativo, que tem como objetivo o alcance da estabilidade.

O decaimento alfa (α) ocorre com núcleos naturais de número atômico maior que 82 ($Z \geq 83$). Neste, o núcleo pai instável decai nos núcleos filhos com a emissão de partículas α , que são núcleos do átomo de Hélio. Essas partículas são expulsas do núcleo com velocidade na ordem de 10% da velocidade da luz.

Com o decaimento alfa, a massa atômica diminui em 4 unidades e o número atômico em 2.

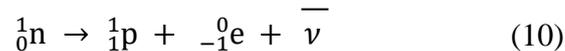


A maioria das desintegrações α é acompanhada pela emissão da radiação γ , assim a equação deve ser escrita:



Outra forma de decaimento é o beta (β), nele um núcleo instável emite um elétron ou um pósitron (partícula de carga positiva com a mesma massa do elétron), ou ainda captura um elétron da eletrosfera (captura eletrônica).

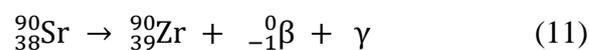
As partículas β negativas são elétrons expulsos do núcleo com velocidade próxima a da luz. Estes elétrons são formados no núcleo pela reação de “decomposição” do nêutron:



Na equação, o neutrino aparece como uma proposta para possibilitar o balanceamento energético desta reação nuclear.

O poder de penetração da partícula β^- é cerca de 100 vezes maior que o da partícula α de mesma energia.

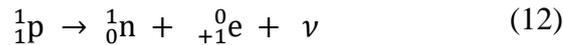
Da mesma maneira que as partículas α , as partículas β negativas são acompanhadas pelas emissões γ , por exemplo:



Essa desintegração ocorre em nuclídeos com excesso de nêutrons.

Partículas β positivas são pósitrons, isto é, antipartículas do elétron. Eles têm a mesma massa do elétron, mas a carga é positiva.

Os pósitrons são formados no núcleo pela reação:



Essa desintegração ocorre em nuclídeos com excesso de prótons.

As partículas que constituem essa radiação tem velocidade elevada (90% da velocidade da luz) e características semelhantes aos raios cósmicos. A penetração desta radiação nos tecidos vivos é de cerca de 1 centímetro ou mais.

O terceiro tipo de radiação foi descoberto algum tempo depois, recebeu o nome de raios γ . São muito penetrantes, podem atravessar vários centímetros de chumbo e percorrer grandes distâncias no ar, são de natureza eletromagnética.

Na verdade, os raios γ são ondas eletromagnéticas de alta frequência, podem atravessar o ser humano, sendo assim as mais perigosas para um ser vivo, devido ao seu grande poder de penetração e ionização.

Como as forças de ligação no núcleo são muito altas, a energia proveniente das reações de desintegração do núcleo atômico é muito grande.

A radiação γ é uma radiação eletromagnética, propaga-se no vácuo com a velocidade da luz. O núcleo radioativo é um núcleo com excesso de energia. Para que haja uma redução de energia o núcleo emite partículas (α , β^+ , β^-) e, se ainda houver excesso de energia, emite radiação γ .

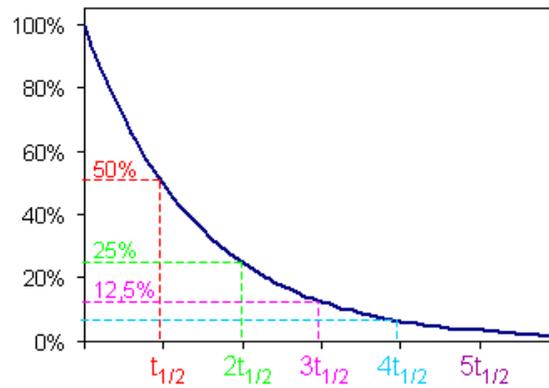
2.3.4 A Desintegração Radioativa

Toda desintegração radioativa envolve a emissão, pelo núcleo do átomo que se desintegra, de elétrons ou núcleos de hélio. Isso provoca uma redução no número de átomos originais.

Dois aspectos importantes são vistos aqui, primeiro que os elementos radioativos são mutáveis e o segundo é que essas mutações podem ser previstas a partir do conhecimento da natureza dos elementos e cálculos estatísticos. A expressão que melhor representa a desintegração radioativa é:

$$I = I_0 e^{-\lambda t} \quad (13)$$

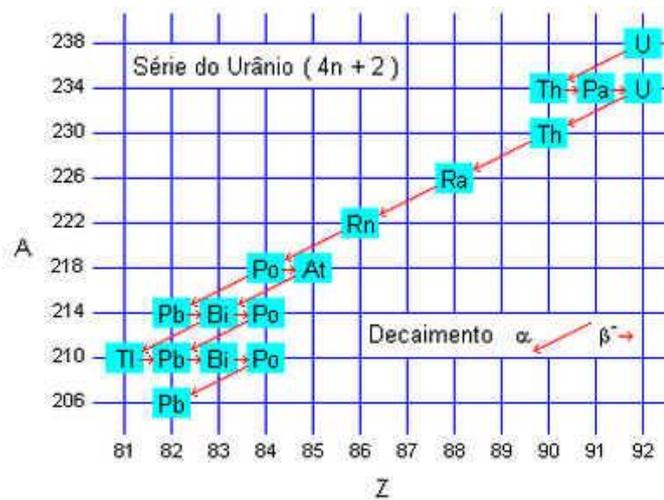
Gráfico 1 –Desintegração Radioativa ($I = I_0 e^{-\lambda t}$).



Fonte: o autor, 2018.

Resumidamente temos que, quando ocorre uma desintegração radioativa com emissão de partículas α ou β , a substância original, chamada mãe, transforma-se em outra diferente, denominada filha, segunda uma sequência bem definida, como mostra a Figura 4, que é a sequência de desintegração à partir do urânio.

Figura 7 – Série de Desintegração do Urânio.



Fonte: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/fisica/fisica-nuclear>>, 2018.

2.3.5 Radioatividade e suas Aplicações

Desde a descoberta das primeiras propriedades da radiação, a área da saúde, especificamente a medicina, tem-se apropriado destes estudos e descobertas, tornando úteis essas propriedades em diagnósticos, tratamentos e intervenções. Além da saúde, áreas como

indústria, agricultura, arqueologia, recursos energéticos, tem intensificado a utilização de algumas das propriedades da Radioatividade para melhorar o rendimento.

A fissão nuclear é sem dúvida a maior aplicação hoje da radioatividade. Na fissão, a divisão do núcleo dá origem a dois outros núcleos de elementos diferentes e alguns nêutrons livres. Ocorre naturalmente nos elementos com $Z \geq 90$ e $A \geq 230$. É o mecanismo de desintegração mais dominante em alguns poucos elementos artificiais, na grande maioria predomina desintegrações α e β .

É um exemplo de fissão nuclear natural (espontânea):



Além da forma espontânea, é possível provocar a fissão artificialmente, bombardeando núcleos com nêutrons. Esta fissão artificial ocorre em reatores atômicos e em bombas atômicas. A quantidade de energia liberada é enorme, mas a utilização deste potencial energético fica condicionada ao controle do processo de fissão.

A diferença entre as duas situações exemplificadas está no fato que nas bombas atômicas, a energia total é liberada sem qualquer controle em frações de segundo.

Nos reatores nucleares a energia também é produzida por fissão nuclear artificial, mas, neste caso há um controle no número de núcleos que se desintegram dentro de certo intervalo de tempo, para evitar que o reator exploda como uma bomba nuclear.

As múltiplas aplicações da Física Nuclear ao longo dos séculos XX e XXI tem produzidos espetáculos múltiplos, alguns que demonstram o sucesso no “domínio” da radiação, mas também catástrofes que mostram a fragilidade de todo sistema e o quanto a humanidade tem que evoluir para conquistar a plenitude do conhecimento.

O certo é que, dentro do mesmo contexto, há muitas opiniões radicais baseadas muitas vezes nas emoções, mas também em dados técnicos e estatísticos, acerca de temas como bombas e usinas nucleares (YOUNG; FREEDMAN, 2009).

2.4 Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA)

O agravamento dos problemas ambientais provocou discussões sobre o conhecimento científico e o seu grau de influência na sociedade, assim, na década de setenta surgiu o movimento CTSA como crítica ao avanço científico e tecnológico (VASCONCELLOS; SANTOS, 2008).

O movimento CTSA provocou várias mudanças curriculares mundo afora e a cada ano vem recebendo mais adeptos. CTSA na verdade é uma proposta pedagógica que busca aproximar a ciência da realidade do aluno, trazendo significado para aquilo que é estudado. Os conteúdos são ministrados não por não serem necessários, mas por causa da sua importância para os alunos, contribuindo para serem indivíduos mais críticos (VASCONCELLOS; SANTOS, 2008).

Auler e Bazzo (2001) afirmam que a implantação da visão CTSA no sistema educacional brasileiro é necessária, pois esta visão sugere situações onde o ensino é vivenciado em contextos reais e por meio da resolução de problemas locais, regionais ou globais, com o objetivo de desenvolver no indivíduo competências que lhe permitam exercer a sua cidadania.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, dividido em duas seções, serão destacados os princípios metodológicos relativos à pesquisa. Na primeira parte serão enfocados os aspectos relativos ao ensino e o cenário que fomentou a pesquisa, e na segunda, a pesquisa propriamente dita, onde serão comentados o caráter qualitativo da investigação, o perfil dos sujeitos investigados, os instrumentos de coleta de dados e procedimentos utilizados na análise dos resultados e, finalmente na terceira parte, será descrita a sequência didática que compõe o Produto Educacional elaborado ao final da pesquisa.

3.1 O Ensino

A inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio vem sendo defendida ao longo dos anos por pesquisadores da área de ensino de Física. Como resultado destas pesquisas, documentos oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) reforçam a ideia de que a inserção do estudo da FMC possibilita a construção de uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade (BRASIL, 2007).

Especificamente, no estado do Rio de Janeiro, o Currículo Mínimo Estadual (CME) para o ensino Médio reforça esta ideia afirmando que os temas da FMC serão abordados nos três anos do Ensino Médio e que o fato de “conhecer alguns tópicos de FMC é fundamental para compreender a realidade que nos cerca a partir da nova visão de mundo que a Física do século XX construiu” (REIS, 2012, p. 3).

No PCN esta posição também é evidente quando se trata do tema Física Nuclear, afirmando que os modelos de interação

[...] possibilitam o desenvolvimento de novos materiais como cerâmicas, cristais e polímeros, ou novos sistemas tecnológicos como microcomputadores, combustíveis nucleares, rastreamento por satélite, lasers e cabos de fibra óptica. A compreensão desses aspectos pode propiciar, ainda, um novo olhar sobre o impacto da tecnologia nas formas de vida contemporâneas, além de introduzir novos elementos para uma discussão consciente da relação entre ética e ciência (BRASIL, 2007, p. 30).

Dada esta importância, buscou-se confeccionar um Produto Educacional no âmbito da pesquisa de mestrado profissional em ensino de Física que dialogue com os educandos e promova a formação de um indivíduo atento aos avanços tecnológicos, crítico e cidadão.

3.2 A Pesquisa

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, envolvendo estudo de caso, com a elaboração, aplicação e avaliação de um material didático potencialmente significativo baseado no método ABP, a fim de auxiliar professores e estudantes no processo de ensino e aprendizagem.

3.2.1 Pesquisa Qualitativa em Educação

Segundo Minayo (2008), a pesquisa quantitativa têm o objetivo de mostrar dados, tendências e observações, ou produzir modelos teóricos abstratos, sem a preocupação em quantificar os aspectos estudados.

O objetivo principal da pesquisa qualitativa é a interpretação dos significados, buscando padrões que evidenciam a regularidade dos fenômenos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009; MINAYO, 2008).

Para Alves (1991), no trabalho de pesquisa qualitativa fica claro e evidente a interação do pesquisador com os participantes no contexto, em interação com os participantes, fazendo toda sorte de registros para que as suas interpretações sejam fiéis ao contexto social que está imerso. Sendo assim, “é compreensível que o foco de estudo vá sendo progressivamente ajustado durante a investigação e que os dados dela resultantes sejam predominantemente descritivos” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.55).

Na pesquisa qualitativa, os métodos utilizados são baseados em técnicas etnográficas, participativas observacionais, estudos de caso, construtivistas, interpretativas, antropológicas cognitivas (MOREIRA, 2009; MOREIRA, 2016).

O presente trabalho teve como foco a observação dos modelos mentais de trabalho explicitados pelos alunos nos diversos momentos da execução das atividades, buscando estabelecer padrões que demonstrassem indícios de aprendizagem significativa.

3.2.2 Sujeitos da Pesquisa

Os sujeitos da pesquisa foram os alunos de uma turma de 2ª série do Ensino Médio do Colégio Estadual Doutor Sylvio Bastos Tavares, município de Campos dos Goytacazes – RJ.

A turma era composta por 28 alunos, sendo que 25 destes participaram de todas as etapas da aplicação da pesquisa e toda análise foi realizada observando apenas este universo.

Esta escola, assim como as demais escolas estaduais do Rio de Janeiro, tem como referência para a ministração dos conteúdos o CME elaborado no ano de 2012 pela Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro.

O tema abordado neste trabalho, Física Nuclear e Radioatividade, que, de acordo com o CME, compreende o 4º bimestre do 2º ano do ensino Médio, sendo essa a referência inicial para compor o currículo utilizado nesta pesquisa.

3.2.3 Os Instrumentos

Pozo e Gomez Crespo (2009) ressaltam a necessidade de dinamismo nos instrumentos de avaliação, onde estes devem ser fruto da interação entre professor/aluno e aluno/material didático, levando-se em conta a identificação da aprendizagem significativa por meio de constantes abordagens e das manifestações dos alunos frente à proposta de intervenção didática.

Então, neste trabalho foram utilizados como instrumentos de coleta de dados, diálogos, textos, mapas conceituais, representações pictóricas, os quais foram analisados como *modelos mentais de trabalho* (MMt) explicitados pelos alunos em cada etapa da aplicação.

Os alunos foram desafiados a externar os seus modelos de trabalho verbalmente, em forma de textos, mapas conceituais, desenhos e representações artísticas.

Ao exteriorizar sua base argumentativa, o aluno explicita seu MMt a respeito dos temas abordados em cada situação problematizadora. Os conceitos diferenciados progressivamente, em cada caso, poderão fornecer subsídios para se conhecer a organização mental do aluno, numa sondagem inicial de sua aprendizagem.

Os dados coletados (MMt) foram analisados com base nos pressupostos da Teoria de Modelos Mentais (JOHNSON-LAIRD, 1983), e categorizados (PINTO; MOREIRA, 2003) em função das dificuldades apresentadas na compreensão dos conceitos.

3.3 A Sequência Didática

A *Física Nuclear / Radioatividade* é um conteúdo pertencente à FMC e, de acordo com o Currículo Mínimo de Física do Estado do Rio de Janeiro, deve ser trabalhado no 4º bimestre em todas as turmas do 2º ano do Ensino Médio das escolas públicas estaduais (Figura 8).

Figura 8 – Conteúdo de Física Nuclear no Currículo Mínimo Estadual (RJ).

4 ^o Bimestre	
Campo	Energia nuclear – Usinas nucleares – Reações nucleares
Habilidades e Competências	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas. - Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina. - Compreender que a energia nuclear pode ser obtida por processos de fissão e fusão nuclear. - Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos. - Compreender que o Sol é a fonte primária da maioria das formas de energia de que dispomos. - Identificar que a energia solar é de origem nuclear. - Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência, tecnologia e sociedade. - Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas. - Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

Fonte: REIS, 2012

Na sequência didática constituinte do Produto Educacional elaborado na pesquisa, os temas Física Nuclear e Radioatividade foram abordados ao longo de 9 (nove) encontros de 2 horas/aula cada, perfazendo um total de 18 horas/aula, o que corresponde a um bimestre.

Foram utilizadas múltiplas estratégias na forma sequencial progressiva e problematizadora do ensino, fundamentada na visão construtivista de David Ausubel (1978 *apud* MOREIRA, 2009), a qual compõe o material que será disponibilizado aos professores na forma do referido Produto.

As atividades problematizadoras e constituintes do material buscam propiciar um repertório de oportunidades para o aluno desenvolver modelos mentais de trabalho na visão da Teoria dos Modelos Mentais (JOHNSON-LAIRD, 1983) sobre sua aprendizagem. Tais atividades coadunam com as ideias da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), método de aprendizagem que tem como fundamento a utilização de problemas como ponto de partida para a aquisição e integração de novos conhecimentos. O foco deste método é o aprendiz, sendo o professor um facilitador do processo de aquisição do conhecimento (SOUZA; DOURADO, 2015).

O Quadro 1 traz um resumo das atividades e os objetivos de cada um dos nove encontros oportunistas de aprendizagem.

Quadro 1 – Sequência Didática pertencente ao segundo momento desta pesquisa

	Etapa	Objetivo
1	Introdução ao Conteúdo: Radioatividade	Coletar dados a fim de identificar os conhecimentos prévios dos alunos.
2	A Radioatividade na História	Conhecer os marcos históricos, personagens e suas contribuições. Avaliar conhecimentos iniciais sobre elemento radioativo por meio de MC e produção textual
3	Acidentes com Produtos Radioativos	Identificar radioatividade nos processos e as consequências dos acidentes. Avaliar criticidade sobre questões ambientais (CTSA).
4	Radioatividade e Meio Ambiente	Desenvolver a percepção da radioatividade nos fenômenos naturais. Avaliar comparativamente os resultados teóricos e práticos (gráfico) sobre meia-vida.
5	Mitos e Verdades sobre Radioatividade	Compreender a influência da radioatividade na vida das pessoas. Avaliar conhecimentos adquiridos até o momento (jogo).
6	Representação da Física Nuclear em Simuladores	Representar dos fenômenos radioativos por meio de simuladores. Avaliar comparativamente os resultados teóricos sobre decaimentos.
7	Física Nuclear e Partículas Elementares	Ampliar o conhecimento do educando acerca do mundo das partículas. Avaliar conhecimento sobre modelo padrão (partículas) por meio de atividade lúdica e MC.
8	Apresentação de Esquetes / Videos sobre Radioatividade	Desenvolver a criatividade que auxilia no aprendizado do conteúdo. Avaliar os conhecimentos mais gerais por meio da verbalização.
9	Elaboração de Mapa Conceitual	Avaliar conhecimentos adquiridos e os modelos mentais comparando aos analisados.

Fonte: o autor, 2018.

O Capítulo 4 apresenta detalhadamente o resultado final do material produzido para os professores, constituído de sequência didática e intitulado Produto Educacional.

4. DESENVOLVIMENTO E DESCRIÇÃO DO PRODUTO

Este capítulo é dedicado à descrição do Produto Educacional (PE) elaborado nesta pesquisa, idealizado como alternativa para a construção do conhecimento sobre Radioatividade. O referido PE se encontra na totalidade nos APÊNDICES A.

Trata-se de uma Sequência Didática (SD) distribuída em 9 (nove) etapas investigativas (momentos) que contempla 18 horas/aula e aborda o tema Radioatividade utilizando múltiplas estratégias baseadas na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, ou seja, estratégias facilitadoras de aprendizagem por meio da utilização de experimentos, simulações computacionais e laboratoriais, mapas conceituais, história da ciência, etc. (MOREIRA, 2006).

Na elaboração da SD utilizou-se como ferramenta de aprendizagem método de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).

A ABP representa um método de aprendizagem que tem por base a utilização de problemas como ponto de partida para a aquisição e integração de novos conhecimentos. Em essência, promove uma aprendizagem centrada no aluno, sendo os professores meros facilitadores do processo de produção do conhecimento. Nesse processo, os problemas são um estímulo para a aprendizagem e para o desenvolvimento das habilidades de resolução (SOUZA, DOURADO, 2015).

A problematização vai além de uma proposta apenas motivacional, propicia a aproximação entre o conhecimento alternativo dos estudantes e o conhecimento científico escolar que se pretende ensinar (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2008, p. 1).

Esta sequência foi planejada em duas versões, do aluno, que traz a problematização operacional, e outra do professor, que foi complementada com tutoriais e textos auxiliares.

4.1 Roteiro do Produto

Nesta seção pretendemos apresentar, de forma resumida, cada um dos momentos da sequência didática, assim como os objetivos que motivaram a sua escolha. O detalhamento de cada momento didático é o tema da próxima seção.

1º Momento: Introdução ao estudo da Radioatividade.

Objetivos: Situar os alunos acerca da proposta didática por meio de uma explanação introdutória; Coletar dados dos conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema radioatividade.

2º Momento: A Radioatividade na História.

Objetivos: Reconhecer a evolução do conhecimento da radioatividade a partir dos marcos históricos, personagens e suas contribuições.

3º Momento: Acidentes com Produtos Radioativos.

Objetivos: Identificar a ocorrência da radioatividade como um processo natural da matéria; conhecer as consequências dos acidentes com produtos radioativos.

4º Momento: Radioatividade e Meio Ambiente.

Objetivos: Reconhecer a ocorrência da radioatividade como fenômeno natural da matéria e seus efeitos sobre o meio ambiente.

5º Momento: Mitos e Verdades sobre Radioatividade.

Objetivos: Compreender a influência da radioatividade na vida das pessoas; Desenvolver nos alunos a criticidade sobre as informações que são veiculadas acerca do tema.

6º Momento: Representação de Fenômenos da Física Nuclear em Simuladores.

Objetivos: Representar os fenômenos radioativos e decaimentos por meio de simuladores.

7º Momento: Física Nuclear e Partículas Elementares.

Objetivos: Ampliar o conhecimento dos alunos acerca do mundo das partículas, despertando a atenção e a curiosidade para os fenômenos quânticos.

8º Momento: Apresentação de Esquetes / Vídeos sobre Radioatividade.

Objetivos: Desenvolver a criatividade; Promover a revisão do conteúdo.

9º Momento: Elaboração de Mapa Conceitual.

Objetivos: Desenvolver a diferenciação e recursividade conceituais; Coletar dados para análise de indícios de aprendizagem significativa.

4.2 Descrição da Elaboração do Produto

Agora faremos a descrição mais detalhada de cada um dos momentos que compõe esta sequência didática, destacando a estratégia de ensino utilizada em cada etapa, suas finalidades e o que se espera observar.

1º. Introdução ao estudo da Radioatividade.

Entendendo que a ABP é um método onde o professor assume a função de mediador da aprendizagem e o aluno é desafiado a desenvolver habilidades de pensamento crítico, de análise e de usar recursos de aprendizagem para solucionar os problemas de forma integrada e organizada, esta etapa tem como objetivo apresentar a proposta didática aos alunos, de forma a cientificá-los e solicitar o necessário comprometimento, ressaltando a importância da sua efetiva participação na execução das atividades.

Por ser uma sequência didática elaborada nos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, nestas orientações cabe salientar que cada aula traz subsídios para a realização das atividades em curso e de aulas posteriores.

Na segunda parte desta etapa as atividades têm como objetivo a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre radioatividade.

Para Ausubel (MOREIRA, 2009) o conhecimento prévio do aluno é um fator preponderante para a aprendizagem significativa, portanto é necessária e relevante a medição deste conhecimento, apropriando desta informação para prosseguir. Ainda, segundo o autor, novos conhecimentos são processados pelo aprendiz através de interações com os conhecimentos prévios.

Foram selecionadas duas atividades para a verificação dos conhecimentos prévios, na primeira os alunos serão incentivados a demonstrarem os seus conhecimentos por meio do preenchimento de um questionário. Este contém questões objetivas e subjetivas, de vários gêneros textuais, buscando assim evidenciar o modelo mental de trabalho naquele instante e equalizar as informações a fim de direcionar a atuação, dar mais ênfase a alguma etapa desta sequência, conforme a realidade da turma.

O questionário deste trabalho foi elaborado à partir de dos resultados de uma pesquisa anterior, realizada no período de 23 a 27/10/2017, em dois eventos com grande fluxo de estudantes, os quais fazem parte do calendário acadêmico do município de Campos dos

Goytacazes, RJ, trata-se da *VI Semana Municipal de Ciência e Tecnologia de Campos*² e da *24ª Semana do Saber Fazer Saber*³. Neta oportunidade foram entrevistados 193 alunos de EM de escolas públicas e particulares do município e região, o que permitiu a avaliação prévia do recurso didático do contexto. A pesquisa era composta por 7 (sete) questões (ANEXO A), elaboradas com formatos e objetivos diferenciados progressivamente (AUSUBEL, 1978), a fim de possibilitar a exteriorização das representações internas (JOHNSON-LAIRD, 1983) dos alunos por meio de registros escritos, desenhos e expressão verbal, que refletissem de maneira coerente suas representações implícitas.

Ainda com o objetivo de identificar as concepções prévias, na segunda atividade os alunos serão divididos em grupos para responder à problematização principal desta pesquisa, “Por que as pessoas tem tanto medo da radioatividade?”, assim como outras questões sobre o tema. Este momento está amparado na premissa de que ainda não foram ministrados os conteúdos sobre a temática, então as respostas dos alunos serão fruto das informações que possuem e das inferências que fazem a respeito (MOREIRA 2006).

Dos instrumentos facilitadores da aprendizagem significativa os mapas conceituais foram os escolhidos para este trabalho, estes “são diagramas conceituais hierárquicos que destacam conceitos de um certo campo conceitual e relações (proposições) entre eles.” (NOVAK; GOWIN, 1996).

Os mapas conceituais podem ser utilizados de várias maneiras, seja para estudo ou para um programa de curso, neste trabalho será utilizado como a principal e de avaliação da evolução dos modelos mentais.

De acordo com Moreira (2005) na medida em que os alunos utilizam os mapas conceituais para integrar, reconciliar e diferenciar conceitos, passam a desenvolver melhor a técnica e a utilizar o mapeamento conceitual como um recurso de aprendizagem.

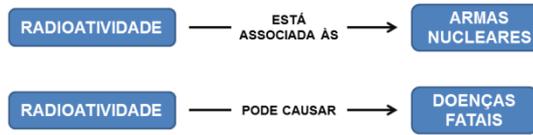
Assim, neste trabalho os mapas conceituais serão utilizados em várias etapas. Nesta os alunos terão algumas orientações sobre a elaboração de mapas conceituais, sendo que serão trabalhados apenas os aspectos das proposições, ou seja, a utilização de termos de ligação entre dois conceitos para expressar de forma clara a relação conceitual (CALDAS, 2013; DE AGUIAR; CORREIA, 2013).

A Figura 9 traz o Mapa Conceitual de Referência (MR) elaborado como instrução comparativa para a avaliação desta atividade.

² Evento anual organizado pela SMEC/PMCG – Local: Jardim São Benedito – Participação de Escolas Públicas e Particulares, Universidades e Entidades ligadas à tecnologia e pesquisa.

³ Evento anual organizado pelo IFFluminense – Local: Campus Centro .

Figura 9 – MR para a atividade do 1º momento.



Fonte: o autor.

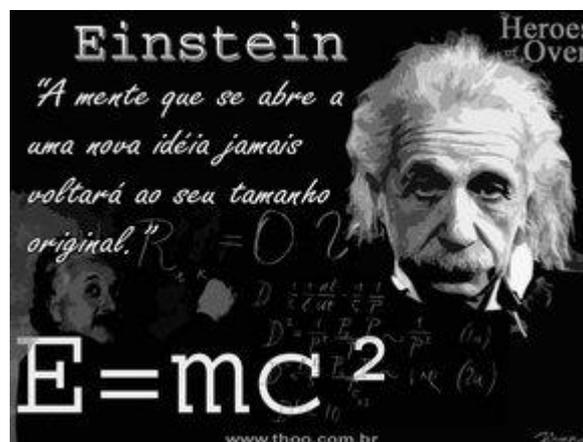
2º. A Radioatividade na História.

Deseja-se nesta etapa situar os alunos no contexto histórico preponderantes para os avanços significativos dos estudos da energia nuclear/radioatividade e, ao mesmo tempo, buscar nos educando uma interação humana e social com as causas e consequências das decisões tomadas nos recortes históricos.

Como grande parte dos alunos associa o conceito de radioatividade à bomba atômica, a problemática inicial vem explorá-lo como contexto para a ministração do conteúdo: “*Por que as pessoas criaram a bomba atômica?*”.

Para integrar a história da ciência no contexto da radioatividade escolheu-se trabalhar neste com o filme “*Equação de Vida e Morte*” (Figura 10) e uma cópia da carta história escrita por Albert Einstein ao presidente Roosevelt (ANEXO B).

Figura 10 – Filme. “Einstein: Equação da Vida e da Morte”.



Fonte: < <https://filmow.com> <https://filmow.com>>, 2018.

É importante que os alunos sejam lembrados dos preceitos do método ABP e que sejam dissuadidos a buscar informações sobre outros personagens ligados ao estudo da radioatividade e as suas contribuições para este estudo.

Para encerramento desta etapa são propostas duas atividades. A primeira é a elaboração, em grupos, de um pequeno texto onde os alunos terão a oportunidade de expressar, de forma crítica, as suas percepções sobre o tema numa visão integrada com a sociedade e o meio ambiente.

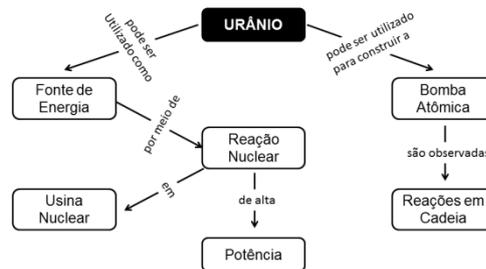
Na segunda atividade, os alunos terão a oportunidade de elaborar um MC com bases nas informações contidas na Carta de Einstein, buscando fazer inferências além do contexto histórico. Como estratégia nesta atividade, utilizaremos um Mapa Conceitual Semiestruturado (MCSE), assim terão base de referência para elaboração do seu mapa.

O MCSE tem como objetivo “estimular um exercício de síntese pela seleção dos conceitos mais relevantes, sem restringir o número de proposições que o aluno pode elaborar” (DE AGUIAR; CORREIA, 2013, p. 150).

Além disso, a manipulação contínua de MC possibilita um reconhecimento da estrutura correta dos MC e, conseqüentemente, possibilita a produção de mapas mais elaborados.

A Figura 11 traz o Mapa Conceitual de Referência (MR) elaborado como instrução comparativa para a avaliação deste atividade.

Figura 11 – MR para a atividade do 2º momento.



Fonte: o autor.

3º. Acidentes com Produtos Radioativos.

Dentro do contexto mundial, outro aspecto de relevância relacionado à radioatividade e que permeia o conhecimento popular são os acidentes com produtos radioativos, assim, esta etapa trabalha os conceitos ligados às causas e conseqüências dos acidentes radioativos. A problematização inicial é: “Seria possível que ocorra um acidente radioativo aqui bem próximo de nós? Quais seriam as suas conseqüências?”.

O objetivo desta etapa é dotar os aprendizes de argumentação científica e criticidade a respeito do tema e as informações veiculadas.

Quadro 2 – Conteúdos a ministrar na aula expositiva.

Aula Expositiva (Conteúdos)	
Isótopos	Decaimentos radioativos
Desintegração radioativa	Fissão Nuclear
Fusão Nuclear	Elementos Transurânicos

Fonte: o autor, 2018.

Os alunos receberão os conteúdos ministrados na aula expositiva em forma de MC, para assim ter contato com um MC estruturado e conhecer uma das suas funcionalidades.

4º. Radioatividade e Meio Ambiente.

O objetivo destas atividades é evidenciar a radioatividade como um processo natural da matéria, por meio da observação da incidência da radioatividade em produtos do cotidiano. A problematização inicial é: “*Existe radioatividade nos produtos que consumimos? Se tem, será que isso faz algum mal?*”.

Em pequenos grupos, os alunos terão a oportunidade de pesquisar sobre a incidência da radioatividade nos alimentos, em materiais de uso comum e diário, e em lugares de acesso público. Após a pesquisa, cada grupo apresentará ao restante da turma suas observações com o que mais lhes chamou atenção.

No Quadro 3 há exemplos de produtos do cotidiano que podem ser propostos aos alunos para serem utilizados em suas pesquisas.

Quadro 3 – Lista de Produtos para pesquisa.

Produtos do cotidiano com radioatividade natural	
Água Mineral	Areia Monazítica
Banana	Batata
Castanha-do-Pará	Cenoura
Cerveja	Cigarro
Feijão-de-Lima	Granito

Fonte: o autor, 2018.

Ainda nesta etapa serão realizadas 03 (três) representações experimentais de fenômenos ligados à radioatividade utilizando modelos análogos. A utilização destes modelos

possibilita que o aluno interaja com os temas relacionados à Radiatividade, referendados pelo uso de representações construídas com objetos do seu cotidiano.

Segundo Oliveira (2000), o uso de modelos análogos é recomendado, pois, dentre outras coisas, ativa o raciocínio analógico, organiza a percepção, facilita a aquisição de novos conceitos e permite a inter-relação crítica com os modelos mentais de trabalho.

A primeira representação experimental retrata a propriedade de fosforescência das substâncias que emitem radiação, sendo esta uma das principais observações de Becquerel.

Como se trata de representações dos fenômenos com modelos análogos, aqui serão utilizados produtos do cotidiano do aluno: sabão em pó, caneta marca-texto, vitamina B, água e luz negra (Figura 13).

Figura 13 – Materiais para a representação de fosforescência.



Fonte: o autor, 2018.

Na segunda, utilizando dados e papel milimetrado (Figura 14), busca-se representar matematicamente e graficamente as propriedades de decaimento radioativo e meia-vida dos materiais radioativos, ressaltando conceitos de probabilidade.

Figura 14 – Materiais para a representação de decaimentos e meia-vida.



Fonte: o autor, 2018.

Por fim, a terceira representação trata dos aspectos das reações em cadeia e mecanismos de controle, para tanto serão utilizadas ratoeiras, bolinhas de tênis de mesa e um aquário, como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Materiais para a representação de reação em cadeia.



Fonte: o autor, 2018.

5º. Mitos e Verdades sobre a Radioatividade.

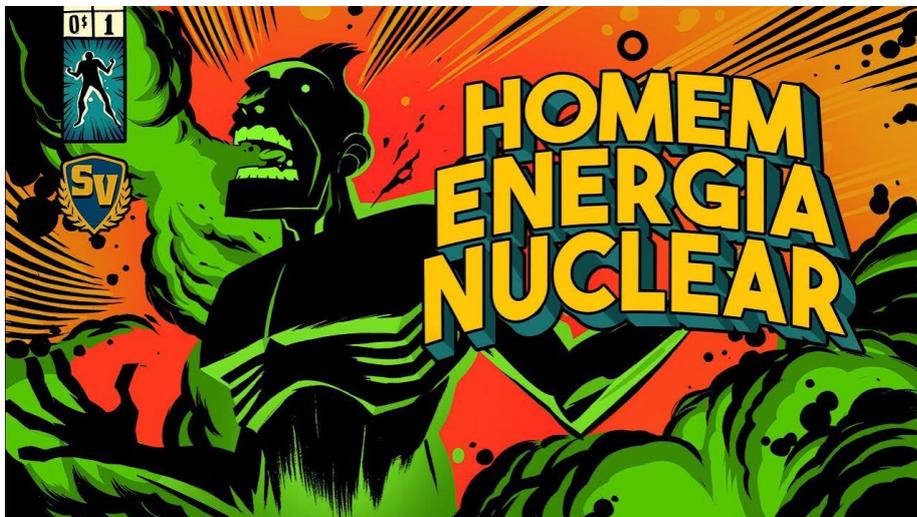
Deseja-se que esta etapa possibilite a abertura de um espaço para discussões acerca da forma como o tema Radioatividade é veiculado no cotidiano dos alunos e como estas informações influencia a cultura popular.

As questões problematizadoras iniciais são: “*Seria possível a uma pessoa adquirir superpoderes após um contato com produtos radioativos? Qual é a influência da radioatividade nos organismos?*”.

O objetivo desta atividade é dotar os aprendizes de argumentação científica e crítica, utilizando este espaço para identificar a presença da radioatividade no trato diário, as consequências do uso ao longo a vida humana e sobre o ser humano.

Nesta etapa serão utilizados alguns trechos selecionados de histórias em quadrinhos (HQ) e vídeos que tratam do efeito da radioatividade nos seres vivos atribuindo-lhes superpoderes, como o exemplo da Figura 16. Os alunos serão orientados a interagir com estes materiais.

Figura 16 – HQ de um herói criado por exposição radioativa.



Fonte: Sociedade Virtude., 2018.

A literatura não formal, principalmente aquela presente nas HQ, nutre a ideia de que o contato radioativo traz vários benefícios, dentre eles a manifestação de superpoderes.

Os alunos participarão ainda de uma atividade denominada “Mito ou Verdade”, onde várias questões polêmicas acerca da radioatividade serão apresentadas e cada aluno se manifestará, levantando uma placa com as inscrições MITO ou VERDADE (Figura 17), de acordo com o seu próprio julgamento.

Figura 17 – Placas utilizadas na atividade MITO ou VERDADE.



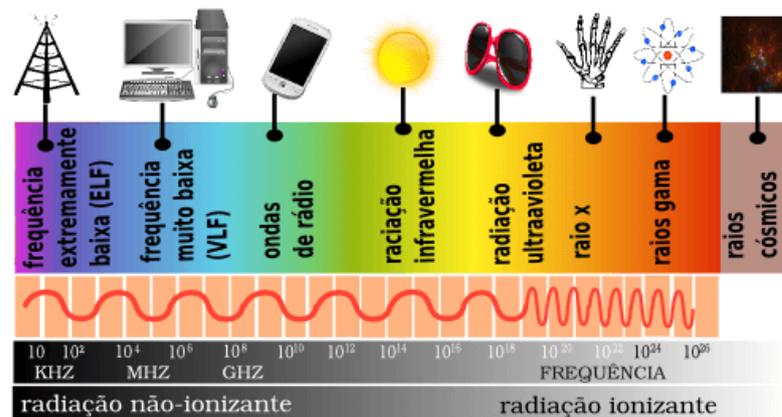
Fonte: o autor, 2018.

Nesta atividade estarão presentes algumas questões trabalhadas nas etapas anteriores para verificar possíveis mudanças nos modelos mentais dos alunos até este momento.

Após a realização da atividade, em grupos, os alunos irão produzir uma HQ retratando o que foi observado durante a aplicação das atividades e discussões posteriores, sendo esta a ferramenta utilizada para responder à problematização inicial. O objetivo desta atividade é explorar nos alunos uma visão crítica/científica sobre as informações que lhes são passadas no cotidiano.

Por fim, o professor dividirá a sala em grupos, onde cada um terá a oportunidade de pesquisar sobre uma das faixas do espectro eletromagnético (Figura 18) e produzirá uma apresentação que será compartilhada com o restante da turma em aula posterior.

Figura 18 – Espectro Eletromagnético.



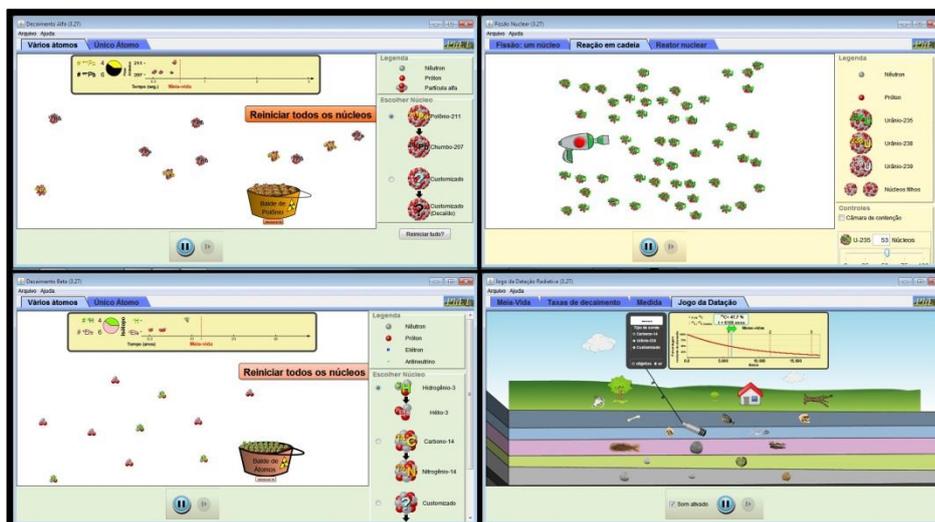
Fonte: o autor, 2018.

6º. Representação de Fenômenos da Física Nuclear em Simuladores.

Nesta etapa, a problematização inicial é: “Quando a radioatividade acaba, o que acontece com o elemento químico?”.

Serão utilizados de 04 (quatro) softwares computacionais do *PhET*⁴ que permitem a simulação dos fenômenos como decaimentos e fissão nuclear, ilustrados na Figura 19.

Figura 19 – Simuladores do PhET de decaimentos e fissão nuclear.



Fonte PhET, 2018.

A utilização de simuladores possibilita o estudo de temas relacionados à Física Nuclear que, por conta da sua natureza microscópica, dificilmente podem ser observados e demonstrados experimentalmente. Na questão específica da radioatividade, os simuladores representam um ambiente de maior segurança, aliada ao seu grau de ludicidade.

Para esta atividade será necessária a utilização de um simulador virtual do *PhET*, um laboratório de informática onde os computadores disponham do *software* Java para que o programa possa ser executado.

Nesta atividade os alunos serão divididos em duplas ou trios, estes receberão um roteiro para a utilização do *software* e algumas questões-problema para auxiliá-los na resolução da problemática inicial.

Esta atividade também tem como objetivo que, ao explorarem os simuladores, os alunos compreendam para além dos conceitos e leis físicas, ou seja, que eles consigam estabelecer a relação entre a Física conceitual e as experiências reais do seu cotidiano.

⁴ PhET (Physics Education Technology Project) da Universidade do Colorado (EUA). É um laboratório virtual que possui inúmeras simulações de experimentos científicos. Os simuladores são de fácil utilização e após baixados podem ser executados sem conexão com a internet.

7°. *Física Nuclear e Partículas Elementares.*

Esta etapa tem como objetivo ampliar o conhecimento do educando acerca da constituição do núcleo atômico e do mundo das partículas, despertando a atenção e a curiosidades para os fenômenos quânticos.

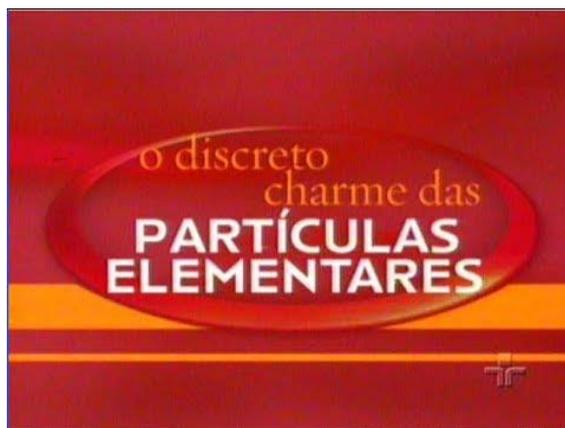
Outro aspecto relevante para este estudo está no fato da Força nuclear fraca ou interação fraca ser comumente vista no decaimento beta. Ela afeta os *léptons* e *quarks*, e é mediada pelos *bósons* W e Z (LOPES, 2005).

Assim, entendemos que este trabalho deveria explorar os conceitos básicos da Física de partículas para ampliar ainda mais os conhecimentos acerca dos fenômenos nucleares, como a radioatividade.

As questões iniciais são: “*Do que a matéria é feita? Existe alguma coisa menor que o átomo?*”.

Primeiramente, os alunos devem assistir ao vídeo de título “*O Discreto Charme das Partículas Elementares*” (Figura 20) como forma de introduzir o tema. O uso do vídeo possibilita aumentar a percepção acerca do tema de forma mais lúdica.

Figura 20 – Filme. “O Discreto Charme das Partículas Elementares”.



Fonte: TV Cultura, 2018.

Associado ao vídeo, os alunos receberão a tabela denominada Modelo Padrão das Partículas Elementares (ANEXO C), para aumentar a interação com os conhecimentos que lhes forem apresentados. Logo após, haverá tempo para estabelecer uma discussão acerca da problemática inicial.

Utilizando os conceitos de *quarks* os alunos reconstruirão o núcleo de um átomo. Para essa atividade serão utilizadas “bolinhas” de cores diferentes para representar os *quarks Up* e *Down* (Figura 21).

Figura 21 – Materiais para a reconstrução dos núcleos atômicos.

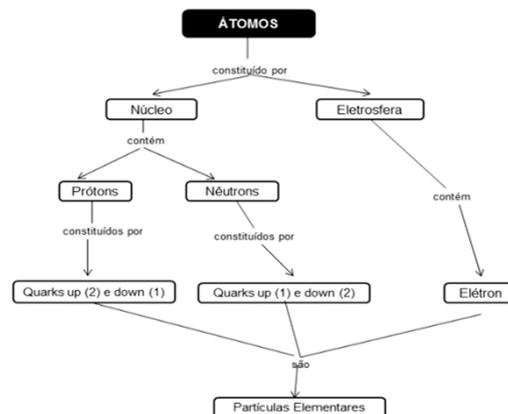


Fonte: o autor, 2018.

Por fim, os alunos que elaborarão um MC com base nas informações referentes a esta aula, buscando inter-relacionar os conceitos das partículas elementares.

A Figura 22 traz o Mapa Conceitual de Referência (MR) elaborado como instrução comparativa para a avaliação deste atividade.

Figura 22 – MR para a atividade do 7º momento.



Fonte: o autor.

8º. Apresentação de Trabalhos e Esquetes sobre Radiatividade.

Esta etapa tem o objetivo apresentar os conceitos de Radioatividade resultantes das observações realizadas nas etapas anteriores, assim, será dividido em duas atividades: apresentação da pesquisa sobre radiação; apresentação de esquetes sobre radioatividade.

Na primeira atividade, os grupos deverão fazer, para o restante da turma, uma breve apresentação sobre o a faixa do espectro eletromagnético escolhido no 5º momento. Assim que apresentarem, cada grupo deverá exibir num quadro um cartaz com as informações que julgarem ser mais relevantes sobre a faixa do espectro que representou.

Para a segunda atividade, os alunos irão encenar passagens estudadas e correlacionadas sobre o tema, para isso deverão construir o roteiro delimitando o tema que ira dramatizar.

Foreman (2010) afirma que “a dramatização, como forma de modelagem física, atua como um instrumento que permite auxiliar os alunos a enxergar e a entender conceitos científicos abstratos, podendo representar ou exemplificar coisas que não podem ser colocadas facilmente em palavras”.

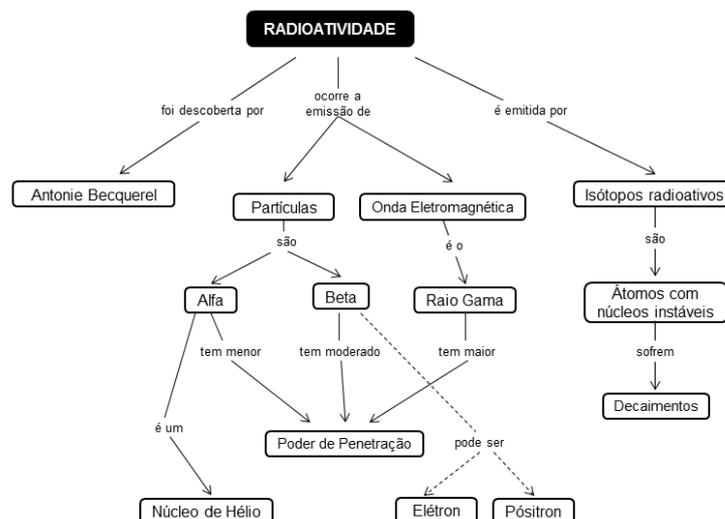
Ao longo dos momentos anteriores os alunos colherão informações que possibilitará a elaboração de cenas teatrais com o cunho crítico sobre o tema, associando-o, sobretudo, às questões políticas e sociais, com o foco nas questões que problematizam esta etapa.

9º. Elaboração de um Mapa Conceitual.

Esta é uma atividade de fechamento do trabalho, possui grande potencialidade de coleta de dados e organização para análise.

De acordo com Moreira (2009), a representação dos Mapas Conceituais é capaz de refletir à rede cognitiva que se forma durante a aprendizagem apresentando as relações existentes entre os conceitos de modo a estruturar o conhecimento.

A Figura 23 traz o Mapa Conceitual de Referência (MR) elaborado como instrução comparativa para a avaliação deste atividade.



Fonte: o autor.

O objetivo é identificar se houve indícios da aprendizagem significativa, relacionando os conceitos do 1º momento de execução da sequência didática com aqueles obtidos durante os demais passos.

5. APLICAÇÃO DO PRODUTO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão relatadas as etapas de aplicação do produto, os resultados obtidos e a análise dos mesmos. Em cada atividade foram inferidos modelos mentais de trabalho (MMt), explicitados pelos alunos em cada etapa da aplicação. Além disso, discussões serão feitas com bases nas observações, na tentativa de refletir acerca da aprendizagem da Física.

O produto foi aplicado no período compreendido entre 02 de outubro de 2018 e 07 de dezembro de 2018, num total de 09 (nove) semanas de aula, período este que corresponde ao quarto bimestre em uma turma de segundo ano do ensino médio do Colégio Estadual Doutor Sylvio Bastos Tavares, localizada em Campos dos Goytacazes – RJ. A turma era composta por 28 alunos.

5.1 Descrição da Aplicação do Produto e Análise de Resultados

No **primeiro momento** as atividades realizadas tiveram como objetivo a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos. Para Ausubel (MOREIRA, 2009) o conhecimento prévio é um fator preponderante para a Aprendizagem Significativa, portanto é necessária e relevante a medição deste conhecimento, apropriando desta informação para prosseguir. Ainda, segundo o autor, novos conhecimentos são processados pelo aprendiz através de interações com os conhecimentos prévios.

Inicialmente, numa conversa informal, os alunos foram comunicados que estariam sendo submetidos ao ensino por meio de uma sequência didática ao longo daquele bimestre, sendo que esta fazia parte de uma pesquisa realizada no âmbito do mestrado do seu professor.

Nesta conversa, características da proposta didática e do material didático elaborado foram ressaltadas, buscando assim sensibilizar os educandos para a sua participação como avaliadores da proposta.

Foram explicados pontos da metodologia da proposta, a saber, Aprendizagem Baseada em Problemas (APB) e Modelos Mentais (MM).

Para a APB, ressaltamos que é um método de aprendizagem onde a utilização de problemas seria o ponto de partida para a aquisição e integração de novos conhecimentos e o foco deste método está no aluno, sendo o professor um facilitador do processo de aquisição do conhecimento (SOUZA; DOURADO, 2015). Assim, só com a participação ativa os objetivos desejados seriam alcançados.

Já sobre os MM, ressaltamos que é uma representação de tudo que tenha algum significado, ou mesmo um aspecto do mundo externo ou interno que possa ser expresso, mesmo que através da imaginação e salientamos que em cada etapa utilizaríamos mecanismos para que os alunos explicitassem os *MMt*, para isso, era necessário que houvesse interação entre o educando e as atividades propostas. Isto possibilitaria a inferência da construção do conhecimento e contribuiria possíveis ajustes na proposta didática.

Na explanação pedimos aos alunos: participação, comprometimento e assiduidade, alertando que este comportamento era essencial para o seu desempenho, pelo fato das atividades estarem relacionadas e que as duas últimas etapas da proposta didática dependeriam das informações coletadas em todas as demais e de tudo que foi percebido ao longo da aplicação do produto, dentro ou fora do ambiente escolar.

Deste ponto em diante, deu-se início à aplicação da sequência didática.

A primeira atividade foi o preenchimento de um questionário para coleta das concepções prévias dos alunos. O questionário é composto de oito questões que abarcavam competências relativas aos conceitos de: radioatividade; radiação eletromagnética; constituição da matéria; radioatividade e radiação eletromagnética, além da relação desses temas com questões sociais pertinentes.

Apesar de serem oito questões, elas foram agrupadas e divididas em cinco categorias, pois algumas foram criadas com o intuito de complementar outras. Sendo as categorias C1: *Constituição da matéria*; C2: *Identificação primária da radioatividade*; C3: *Conceitos e efeitos da radioatividade*; C4: *Medo da radioatividade*; C5: *Relação entre radiação e radioatividade*.

Assim, as duas primeiras questões (Figura 24) fazem parte do bloco C1, no qual o aluno teve a oportunidade de explicitar os seus *MMt* sobre a constituição da matéria na visão macro e microscópica.

Figura 24 – Questões sobre a constituição da matéria (C1).

<p>1) Quando se quebra um pedaço de madeira, cada parte também é madeira. Se continuássemos dividindo essa madeira até chegar ao limite de não poder mais, o material continuaria sendo madeira? Qual é a composição da madeira? Se não continuar sendo madeira se transformou em que?</p> <p>_____</p>
<p>2) Qual a menor unidade que constitui a matéria? Qual é o seu formato?</p> <p>_____</p>

Fonte: o autor, 2018.

As duas próximas questões (Figura 25) tratam o tema radioatividade de forma objetiva, onde as concepções iniciais sobre a temática devem ser demonstradas. Formando assim o bloco C2.

Figura 25 – Questões de identificação primária da radioatividade (C2).

3) Qual das figuras abaixo você acredita que tenha relação direta com o risco radioatividade?

4) No cenário energético mundial as Usinas Nucleares são muito importantes. Nelas, as reações nucleares e a aplicação direta das propriedades da radioatividade, são comuns e necessárias.

A Radioatividade também pode ser utilizada no(a):

Fabricação de Bombas
 Conservação de alimentos
 Forno Micro-ondas
 Aparelho de Raio X
 Tratamento de câncer
 Tratamento de água

Fonte: o autor, 2018.

Na sequência, duas questões (Figura 26) trabalharam aspectos relativos à radioatividade num contexto mais aprofundado, buscando informações sobre os efeitos da sua exposição no organismo e, de acordo com as inferências que faz, como o aluno processa as informações que são veiculadas sobre o tema. Estas questões foram complementadas com outra que trata do medo do uso da radiatividade (Figura 27), formando assim as categorias C3 (Conceitos e utilização da radioatividade) e C4 (Medo da radioatividade).

Figura 26 – Conceitos e efeitos da radioatividade (C3).

5) É comum ouvir pessoas dizendo que a radioatividade pode causar câncer, porém é mais comum ouvi-las dizendo que a radioatividade está sendo utilizada para curar o câncer. Quem está falando a verdade? Como pode ser possível duas afirmações distintas sobre o mesmo tema?

6) Você acredita que o contato com material Radioativo pode dar ao indivíduo superpoderes?

Sim Não Talvez

Por que? _____

Fonte: o autor, 2018.

Figura 27 – Medo da radioatividade (C4).

<p>7) Há um medo global dos efeitos da radioatividade. Você acredita que em Campos dos Goytacazes exista algum risco de ter algum acidente com produtos radioativos?</p> <p>() Não. Por que? _____</p> <p>() Sim. Qual e como poderia ser esse acidente? _____</p>
--

Fonte: o autor, 2018.

Por fim, a última questão (Figura 28) trata da relação da radioatividade e radiação, fazendo assim um fechamento dos conceitos adjacentes e buscando a inter-relações entre os *MMt* de cada grupo de questões.

Figura 28 – Relação entre radiação e radioatividade (C5).

<p>8) No verão sempre se fala em tomar cuidado com a pele por causa da radiação que pode causar o câncer de pele. Existe alguma relação da radioatividade com a radiação? Justifique suas respostas.</p> <p>_____</p>

Fonte: o autor, 2018.

Logo que o questionário foi distribuído apareceram os primeiros questionamentos por parte dos alunos: “*Vai valer ponto?*”; “*Eu não sei nada, o que vou escrever?*”

Entendemos que estes questionamentos revelam o MM comum nas escolas de que tudo deve ser medido e quantificado para só assim ser valorizado, porém este trabalho de pesquisa tem como premissa investigar métodos ativos de ensino e influenciar novos trabalhos e pesquisas.

Assim, as questões foram tratadas à luz da importância deste trabalho para a educação de modo geral, porém, como o contexto da aplicação do produto didático ocorria em uma escola de ensino regular, havia a necessidade de estabelecer critérios de quantificação por exigência legal.

Os alunos foram informados de que a avaliação seria continuada, onde cada etapa haveria atividades avaliativas que seriam quantificadas para compor a nota bimestral. Também seriam avaliados aspectos ligados à efetiva participação das atividades em sala de aula e interacionais.

Na Figura 29 temos os alunos respondendo ao questionário.

Figura 29 – Alunos respondendo ao questionário inicial.



Fonte: o autor, 2018.

As respostas dos alunos em cada uma das questões, tratadas como *MMt*, foram analisadas com base nos pressupostos teóricos de Johnson-Laird (1983). Os modelos elaborados foram caracterizados (PINTO; MOREIRA, 2003) em função das dificuldades apresentadas na compreensão da temática.

Analisando as respostas das questões da categoria C1 (Figura 24), observou-se que 60% defenderam ser o átomo a menor unidade da matéria; 25% atribuiu essa importância ao conjunto prótons, nêutrons e elétrons; e os outros 11% apenas aos elétrons. Apesar das diversas respostas, foram unânimes em reconhecer a existências de partículas subatômicas e ao afirmar que o formato destas partículas é esférico.

Em conversa informal, alguns dos alunos que destacaram o átomo como menor unidade da matéria, alegaram já terem estudado algo sobre partículas elementares, mas não tinham conhecimentos suficientes sobre elas a ponto de afirmar ser estas a menor unidade.

Na categoria C2, que tinha como foco a identificação da radioatividade por meio do seu símbolo e utilizações conhecidas, tivemos, para a questão 3, o resultado mostrado no Quadro 4 e, para a questão 4, o Gráfico 2.

Quadro 4 – Padrão de respostas para questão 3 (Categoria C2).

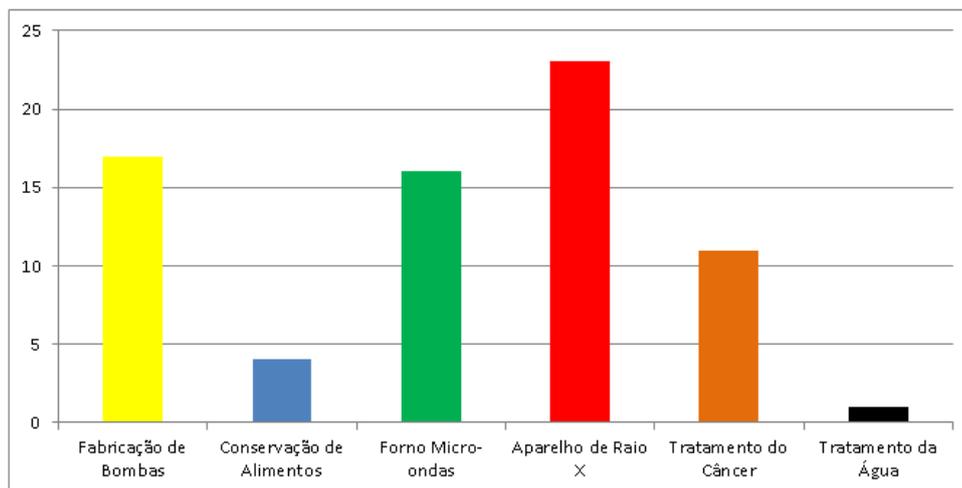
Quantidade	Ação
67%	Identificaram corretamente o símbolo do risco radioativo.
17%	Assinalaram duas opções, sendo uma delas o do risco radioativo.
12%	Não identificaram o símbolo do risco radioativo.
4%	Não marcaram nenhuma opção.

Fonte: o autor, 2018.

Observou-se que os alunos que assinalaram mais de uma opção nesta questão (17%), marcavam conjuntamente ao símbolo do risco radioativo o símbolo de risco biológico e infectante e os que não identificaram corretamente o símbolo (12%), também cometeram o mesmo erro. Diante deste padrão de respostas, podemos identificar a predominância do possível *MMt*:

MMt 1: O Raio X é um aparelho que emite Radioatividade e quase sempre está em hospitais, então aquele símbolo que lá vemos (risco biológico e infectante) é o da radioatividade.

Gráfico 2 – Padrão de respostas para questão 4 (Categoria C2).



Fonte: o autor, 2018.

O foco desta questão 4 era saber o alcance da utilização da radioatividade na visão dos alunos, os itens mais assinalados foram: aparelho de raio X (96%), fabricação de bombas (71%); forno de micro-ondas (67%) e tratamento do câncer (46%). Fica evidente nas respostas o conhecimento seletivo do uso da radioatividade por conta do uso direto difundido pelo tratamento médico e a ameaça da guerra nuclear, porém o que nos chamou atenção foi o grande número de alunos que assinalou o forno de micro-ondas como exemplo do uso da radioatividade e, pelo contrário, não assinalaram a utilização na conservação de alimentos e tratamento da água. Neste contexto, foram identificados os seguintes *MMt*:

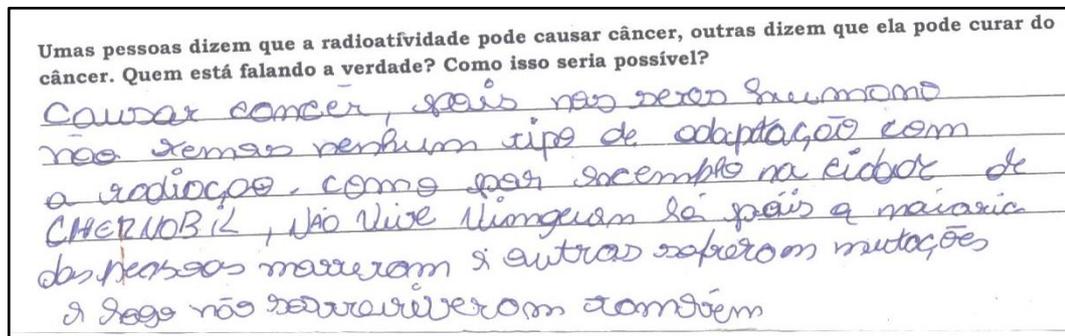
MMt 2: Quando se fala em forno de micro-ondas e radioatividade, também se fala em radiação, então a radiação “utilizada” no micro-ondas é a radioatividade.

MMt 3: É improvável o uso da radioatividade na conservação dos alimentos, pois a radioatividade pode causar várias doenças e até morte.

A categoria C3, tinha como foco os efeitos da radioatividade no organismo. Dois padrões foram observados: 67% acreditavam que a radioatividade causava câncer, mas não

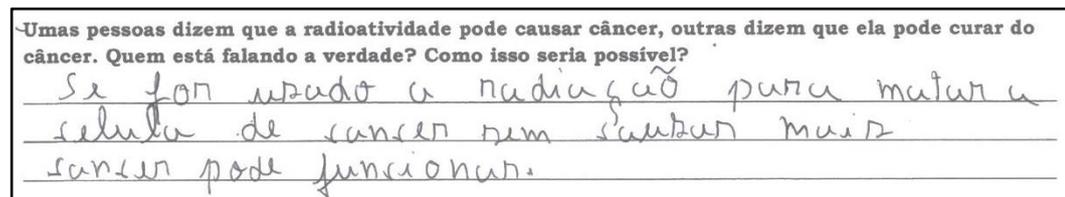
citaram a possibilidade de poder curar o câncer, como o exemplo na Figura 30; 33% relataram a possibilidade da radiação ser utilizada para tratar o câncer, porém, nas suas declarações, não faziam afirmações, mas suposições, como mostra o exemplo da Figura 31.

Figura 30 – Padrão 1 de respostas dos alunos na C3.



Fonte: o autor, 2018.

Figura 31 – Padrão 2 de respostas dos alunos na C3.



Fonte: o autor, 2018.

Com estas afirmações, fica mais evidente o fato de, na categoria anterior, somente 46% assinalar que a radioatividade poderia ser utilizada no tratamento do câncer. Assim, podemos identificar a predominância do seguinte *MMt*:

MMt 4: É certo que uma das consequências da radioatividade é a ocorrência do câncer, mas não sei se ela possa vir a curar o câncer.

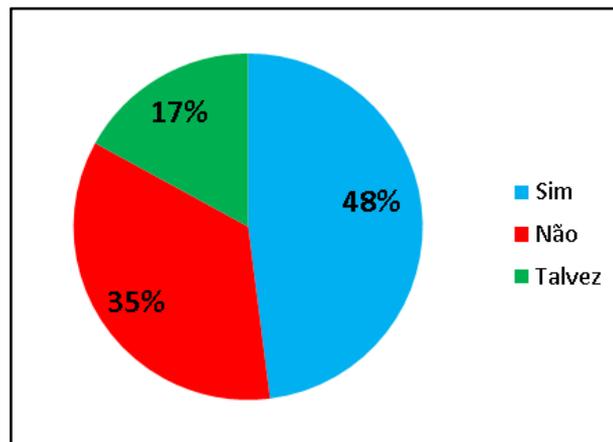
Continuando a argumentação, a grande maioria dos alunos respondeu não ser possível adquirir superpoderes no contato com produtos radioativos, porém poucos se manifestaram justificando suas respostas. Aqueles que a fizeram, trataram apenas de dizer que esse contato poderia levar o indivíduo à morte.

Entendemos que a falta de justificativa e/ou limitação nos termos utilizados revela que os *MMt* inferidos pelos alunos são poucos elaborados por conta da falta de subsunções, mesmo assim apresentam uma visão crítica sobre os efeitos da radioatividade nos organismos.

A questão complementar, que faz parte da C4, tinha como pretensão que os alunos analisassem criticamente a possibilidade da ocorrência de acidentes com produtos radioativos na sua cidade.

Do total de entrevistados, 48% acreditavam havia possibilidade de um acidente com produtos radioativos e 17% achavam que “talvez” poderia ocorrer, como representado no Gráfico 3.

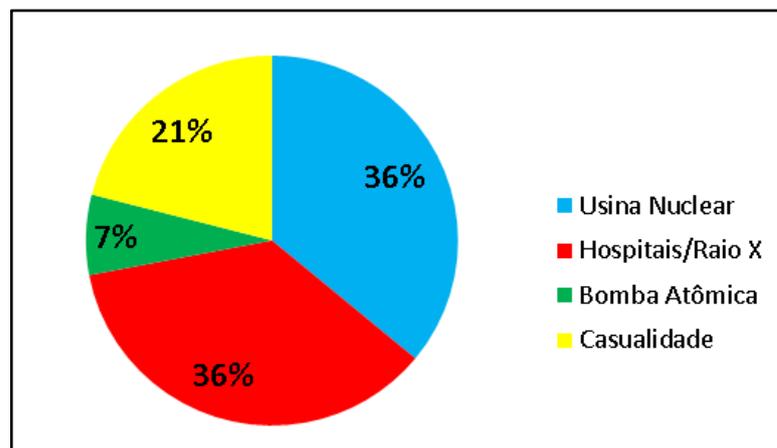
Gráfico 3 – Risco de acidente com produto radioativo em Campos dos Goytacazes.



Fonte: o autor, 2018.

Todos os alunos que assinalaram “não” nesta questão, justificaram a sua resposta no fato do país não estar em guerra e estar longe da rota das bombas atômicas. Já aqueles que assinalaram “sim” e “talvez” associaram o risco a diversas outras fontes, incluindo a bomba atômica, como mostra o Gráfico 4.

Gráfico 4 – Origem do risco de acidente radioativo em Campos dos Goytacazes.



Fonte: o autor, 2018.

Por fim, a C5 tinha como foco a relação entre a radiação e a radioatividade, utilizando como veículo para a verificação o fato da radiação solar causar câncer de pele.

Quando questionados, 71% dos alunos disseram que radiação e radioatividade é a mesma coisa, demonstrando assim a predominância do *MMt*:

MMt 5: A radioatividade causa câncer, ficar exposto ao sol sem proteção também causa câncer, então a radiação solar é radioativa.

Ainda, com o objetivo de identificar as concepções prévias, os alunos foram orientados a se organizarem em grupos de pelo menos três indivíduos para a realização das próximas atividades. Porém, ressaltamos naquele instante a importância da permanência da constituição destes grupos ao longo das etapas para verificação de progresso dos grupos.

Formaram-se nove grupos (oito com três componentes e um com quatro) e, para fins de categorização e classificação, estes foram nomeados seguidamente utilizando as letras do alfabeto (Grupo A, Grupo B, Grupo C, etc.). Desses nove grupos, cinco foram utilizados como objeto de análises mais minuciosas, sendo que todos os *MMt* explicitados durante a execução de certa atividade foi considerado relevante e consta neste trabalho. O critério utilizado para a escolha dos grupos de demonstração de evolução dos *MMt* foi o fato de se mantiverem assíduos ao longo de todas as etapas da aplicação da sequência didática.

Agora, com os grupos já organizados, aos alunos foi apresentada a primeira questão problematizadora do trabalho: “*Por que as pessoas tem medo da radioatividade?*”. Foi feita uma breve explicação de como transcorreriam as aulas à partir do conhecimento da problemática inicial segundo as etapas da ABP propostas para esse trabalho:

1ª. Etapa: Escolha de uma problemática que seja pertinente ao contexto do aprendiz, para que a identificação imediata promova a interação com a atividade proposta.

2ª. Etapa: De posse da problemática, os aprendizes iniciam o processo de organização do contexto, buscando o aprofundamento do conhecimento. Esta etapa segue com discussões e planejamento das investidas para chegar à solução dos problemas propostos.

3ª. Etapa: Com outros recursos fornecidos pelo professor, os aprendizes se apropriam das informações por meio de leitura, análise crítica e todos os recursos à sua disposição para levantar as hipóteses de solução.

4ª. Etapa: Elaboração de conclusões e reflexões, apresentação dos resultados.

Os alunos fizeram alguns questionamentos sobre a amplitude da fonte de pesquisa, se, por exemplo, poderiam consultar outros grupos, procurar em livros, na internet, etc.

Quanto a isso, eles foram orientados a construírem as suas hipóteses com as informações que julgarem pertinentes, evitando “pegar” a resposta com o colega e sem se preocuparem neste primeiro momento com o certo ou errado, pois esta era uma etapa de verificação do conhecimento prévio, e que as hipóteses seriam compartilhada com os demais grupos, portanto, quanto mais pessoal fosse a resposta, melhores seriam as contribuições para o todo.

Reunidos em grupos, os alunos discutiam a melhor resposta para a problemática inicial, enquanto o pesquisador observava as discussões com o intuito de auxiliá-lo a conduzir as apresentações destas respostas.

A princípio foram disponibilizados 5 (cinco) minutos para que os alunos formulassem a resolução da problematização, porém, por pedido de alguns grupos o tempo foi ampliado e quase alcançou 10 (dez) minutos.

O próximo passo foi a apresentação das hipóteses para toda turma. Cada grupo escolheu um representante para ler o que julgavam ser a resposta para a problematização. Por ser uma atividade de introdução e de verificação do conhecimento prévio, os aspectos referentes ao rigor das etapas da ABP não foram observados, pois o que se buscava eram a interação entre indivíduos, a constituição dos grupos de trabalho e conhecer o que o aluno já sabe.

Oralmente os grupos iam apresentando as suas hipóteses (Figura 32) e do total, sete grupos alegaram que o medo da radioatividade estava atrelado ao terror da bomba atômica, sendo que cinco utilizaram como argumento as bombas lançadas em Hiroshima, três falaram sobre as constantes ameaças que Estados Unidos e Coréia do Norte fazem mutuamente, e um deles acrescentou também o medo por conta dos acidentes que já ocorreram com algumas usinas nucleares; os outros dois grupos relataram como a fonte do medo a ignorância do assunto e que a radioatividade está em vários lugares, sendo que um deles afirmou não existir a necessidade do medo, pois a maior utilidade da radioatividade é para fins pacíficos.

Figura 32 – Execução da atividade 2 (1º momento).



Fonte: o autor, 2018.

Durante as apresentações alguns questionamentos adicionais foram feitos para cada um dos grupos, abrindo caminho para discussões e buscando mais fundamentação para as hipóteses apresentadas. Foram algumas delas:

- “*Onde essa bomba atômica foi lançada?*” Os alunos alegaram se tratar da bomba atômica lançada em Hiroshima, com uma associação não imediata com o Japão, porém segundo questionamento não souberam informar o contexto do lançamento da bomba.
- “*Quais países possuem bomba atômica?*” Foram citados alguns países, inclusive o Brasil com algum receio, mas os primeiros foram Estados Unidos, Coréia (sem especificar qual), Rússia e Japão.
- “*O que acontece quando a bomba atômica ‘explode’?*” A ideia geral foi que a bomba atômica explode e pulveriza tudo o que vem pela frente.
- “*Existe usina nuclear no Brasil?*” Não foi uma resposta imediata, mas no final veio a informação que existia de ‘uma’ usina no Brasil e ficava em Angra dos Reis.
- “*Qual a utilização pacífica da radioatividade?*” O uso da radioatividade para fins pacíficos ficou restrito à área de saúde, sendo que foram citados apenas os aparelhos de raio X e o tratamento do câncer.

Os resultados apontaram que o MMt: “uso militar da radioatividade com fim intimidador”, é o que mais permeia a mente humana, sendo que mesmo sem todo o conhecimento, os alunos replicam as histórias e ao seu modo reproduzem o terror da primeira experiência mundial com a bomba atômica.

Observa-se também que os alunos tiveram dificuldades de identificar no Brasil os fatores de presença de usina nuclear e ausência de bomba atômica, o que evidencia que com certa desinformação sobre o programa nuclear brasileiro

Seguindo ao proposto, a última atividade desta etapa foram as primeiras orientações para a construção de MC.

Foram trabalhados os aspectos relativos a Conceitos, Termos de Ligação, Proposições e a Inter-relação entre conceitos para expressar de forma clara a relação conceitual. Como ilustra a Figura 33.

De acordo com De Aguiar & Correia (2013, p. 141), “as proposições são a característica mais marcante dos MCs. Elas são formadas por dois conceitos unidos por um termo de ligação que expressa claramente a relação conceitual”.

Figura 33 – Estrutura das proposições no MC.

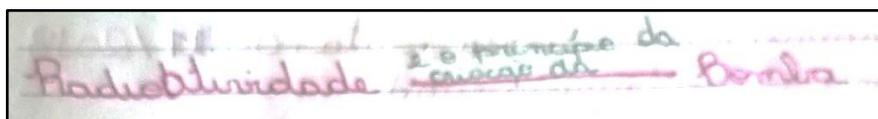


Fonte: o autor, 2018.

Após algumas explicações, os alunos foram convidados a fazer, individualmente, as suas próprias inferências para a criação de premissas (proposições) utilizando como base nas primeiras informações prestadas sobre MC e os conceitos retirados do tema em questão: radioatividade.

Nas primeiras relações executadas nesta etapa, os alunos utilizaram muitas palavras para compor o termo de ligação, o que o tornou o termo de ligação muito extenso e, algumas vezes, composto por vários outros conceitos, mas como esta atividade era instrucional foram feitas as observações do que seria necessário corrigir nas etapas posteriores.

Figura 34 – Proposição criada por Aluno 1.



Fonte: o autor, 2018.

Figura 35 – Proposição criada por Aluno 2.

Uranio tem um grande índice de radioatividade.

Fonte: o autor, 2018.

Figura 36 – Proposição criada por Aluno 3.

Radioatividade é existente na bomba que Hiroshima e que causou uma explosão.

Fonte: o autor, 2018.

A análise das proposições elaboradas pelos alunos reforça a ideia da predominância do seguinte *MMt*, seguindo as inferências estabelecidas no MR (Figura 9):

MMt: “A radioatividade está diretamente ligada à bomba atômica”.

O **segundo momento** iniciou com a apresentação da questão problematizadora *“Por que as pessoas criaram a bomba atômica?”* e logo que tiveram acesso a ela, os alunos passaram a formular hipóteses segundo os seus conhecimentos e os MM que inferiram, porém foram lembrados das etapas da ABP, que não se tratava apenas de dar uma resposta certa, mas de elaborar uma hipótese argumentativa e que respondesse à problemática de forma ampla e global.

Foi disponibilizado aos alunos para iniciar as suas atividades o filme intitulado “Einstein: Equação de Vida e Morte”. Este filme retrata um recorte da vida do cientista Albert Einstein e, dentre muitas coisas, trata dos aspectos relativos aos estudos sobre o potencial energético da física nuclear e de fatos que antecederam a construção da primeira bomba atômica.

Por questão de dinamismo e se tratar um vídeo-documentário, para esta atividade foram selecionados os 17 minutos iniciais do filme para que este não tomasse muito tempo da atividade e também não houvesse grande dispersão dos alunos, muito comum em filmes longos.

Os alunos também tiveram à sua disposição uma cópia da carta que Einstein enviou para o então presidente norte-americano Franklin Roosevelt (ANEXO B), onde relatava a sua preocupação com a possível construção da bomba atômica e os rumos da guerra, caso isso acontecesse, carta esta que foi mencionada como objetivo do filme. A cópia da carta

disponibilizada aos alunos era uma seleção dos trechos que julgamos mais relevantes da carta original de acordo com a nossa proposta e de tradução livre.

Após assistirem ao filme e lerem a carta, os alunos foram orientados a produzir um texto de pelo menos 15 linhas onde a questão inicial fosse respondida e fosse analisada de forma crítica, integrando não só os conceitos técnicos-científicos, mas também as suas percepções sobre as causas e consequências destes eventos para a sociedade e o meio ambiente.

O vídeo e a carta trouxeram nos alunos algumas dúvidas e o despertar de certa curiosidade e vários questionamentos foram feitos, tais como:

“Mas esta bomba é qual? A do Japão?”

“Aqui fala que a guerra era contra a Alemanha, por que a bomba foi jogada no Japão?”

“Achava que o Einstein era mais velho...”

Com estes questionamentos, o professor lembrou qual era o objetivo desta proposta, lembrando os questionamentos dos alunos na etapa anterior acerca do ambiente de pesquisa, afirmando que, nesta proposta, o professor iria auxiliá-los a desenvolver suas hipóteses, mas que cabiam a eles buscar outros meios para responder/fundamentar as suas respostas.

Naquela mesma semana, este pesquisador se deparou com o entusiasmo do professor de História na sala dos professores ressaltando o interesse da turma na busca por informações sobre a 2ª guerra mundial, ataque a Pearl Harbor e Hiroshima, alegando ainda que mesmo não sendo este o assunto que estava ministrando naquele momento, parou o seu planejamento e tratou destes pontos, dado ao grande interesse e o nível do conhecimento que os alunos demonstravam.

Praticamente, esta foi a primeira etapa onde a metodologia estava sendo empregada, principalmente porque o primeiro encontro teve como foco a verificação dos conhecimentos prévios, entendemos que, por causa disso, foram vários questionamentos relacionados à solução da atividade. Dentre os principais questionamentos estão os seguintes:

“A resposta da questão está na carta ou no livro?”

“Não estou entendendo. De onde tiro a resposta?”

“Posso escrever o que eu quiser?”

Estes questionamentos são fruto do ensino tradicional, onde o professor comanda e determina todas as ações e os alunos reproduzem o que ele quer, mas na proposta da ABP o foco é o aluno e o professor possibilita ao educando o acesso estruturado ao conhecimento, fazendo as intervenções quando necessário.

Resolvidas estas questões, os alunos passaram a realizar a tarefa. Por mais que tenha sido estipulado um limite mínimo de linha para esta atividade, apenas um dos grupos alcançou (e ultrapassou) este limite, os demais disseram ter chegado na resposta fundamentando-a numa quantidade inferior de linhas (média de 10 linhas).

Nos textos produzidos ficou evidente na quase totalidade o fato de atribuírem a construção da bomba atômica para o desejo de dominação mundial por parte de alguns países, deixando claro o fim estritamente bélico da sua construção. Um grupo atribuiu à construção, além da corrida armamentista, a disputa entre cientistas, alegando que seria pra eles um feito histórico nas suas carreiras.

Todos os grupos demonstraram preocupação com as consequências de uma guerra nuclear, destacando trechos da carta de Einstein para fundamentar suas respostas, porém observou-se que todos os grupos responderam apenas “Para que a bomba foi criada?” e não “Por que a bomba foi criada?”.

Por fim, ainda em grupos, os alunos participaram da segunda atividade de MC. Esta atividade teve como base a carta escrita por Einstein e tinha como objetivo praticar a criação de proposições, fazendo inferências e tendo este texto como base.

O recurso desta atividade foi a utilização de um Mapa Conceitual Semiestruturado (MCSE), cuja estrutura está representada na Figura 37. “O objetivo do MCSE é estimular um exercício de síntese pela seleção dos conceitos mais relevantes, sem restringir o número de proposições que o aluno pode elaborar” (AGUIAR; CORREIA, 2013, p. 150).

Figura 37 – Estrutura do MCSE.



Fonte: o autor, 2018.

Outro objetivo desta atividade era que os alunos pudessem compreender um pouco mais sobre estruturação e hierarquização dos MC.

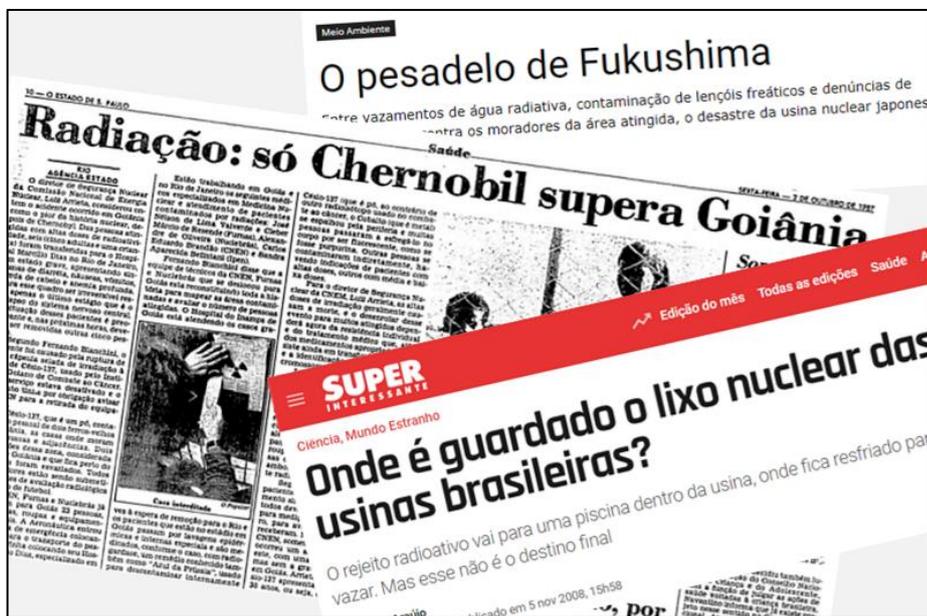
No **terceiro momento**, as questões problematizadoras foram: *Seria possível que ocorra um acidente radioativo aqui bem próximo de nós? Quais seriam as suas consequências?*

Apesar de já serem questões tratadas no primeiro momento, assim que os alunos tiveram contato com elas, imediatamente se manifestaram dando opiniões, discutindo entre si citando as informações prestadas no questionário e até mesmo acrescentando fatos novos, sempre buscando no professor a confirmação para as suas hipóteses, porém o professor os alertou para que estas informações fossem organizadas, trabalhadas à luz de outros matérias e assim se tornariam uma resposta argumentativa bem próxima da científica.

Esse instante também se demonstrou como um momento positivo do projeto, pois ficou claro que já estava havendo certo envolvimento dos alunos como o tema, até mesmo no ambiente extra classe.

Novamente, divididos em grupos, os alunos receberam reportagens sobre alguns acidentes com produtos radioativos que ocorreram mundo afora, dos quais um dos textos de cada grupo fazia menção ao acidente com o elemento químico Césio-137 que ocorreu na cidade de Goiânia no ano de 1987 (Figura 39).

Figura 39 – Alguns textos jornalísticos utilizados em sala de aula.



Fonte: o autor, 2018.

Cada grupo recebeu três textos (dois de acidentes que ocorreram no exterior e um no Brasil), deveriam ler, discutir e formular hipóteses para as questões iniciais.

Muitos alunos reclamaram da quantidade e do tamanho dos textos disponibilizados para leitura, assim, a proposta foi modificada e cada grupo passou a ser responsável por apenas um texto e analisar aquele acidente poderia ocorrer aqui perto de nós.

Como quase todos os textos tratavam de acidentes ocorridos com usinas nucleares, os alunos foram dissuadidos a saber mais informações sobre as usinas nucleares brasileiras, para isso, consultaram em seus aparelhos de celular dados que fossem relevantes.

Um dos grupos solicitou um mapa para localizar e medir as distâncias, comparando com outros acidentes, discutiu sobre a possibilidade ou não de um acidente com a usina nuclear de Angra dos Reis atingir a cidade de Campos dos Goytacazes.

Vários aspectos do Brasil foram citados durante as discussões dos grupos, dentre eles as questões relativas: à geografia brasileira (relevo, clima, direção dos ventos), à política atual, a corrupção de integrantes do governo, à falta de segurança pública, ao descaso com os materiais de destinação exclusiva, à falta de fiscalização e de ações punitivas contra agressores do meio ambiente.

Mesmo que a não tenha sido esta proposta inicial, o contexto da realização da atividade conduziu o estudo para uma futura análise de interdisciplinalidade. A abordagem normalmente feita nas salas de aula é comumente informativa, mas observamos ao longo da execução a maneira crítica como as ideias eram apresentadas, bem à luz do enfoque CTSA.

As discussões evoluíram e alcançaram a turma toda, o que fomentou a elaboração de um texto-manifesto sobre a questão da radioatividade, agregando os conhecimentos dos alunos sobre os acidentes radioativos e os riscos ambientais.

Cada grupo participou do manifesto trazendo o que julgava ser necessário. O texto final foi produzido por toda turma e representa o pensamento comum (ANEXO D).

Para complementar alguns aspectos científicos da radioatividade, foi necessária uma aula expositiva que tratasse de suas propriedades, lembrando os fatos e contextos históricos, desde a descoberta à diferenciação concreta. Nesta aula definiu-se isótopos, fazendo referência às características dos átomos radioativos, os decaimentos e os aspectos concernentes à transmutação. O objetivo era introduzir os conceitos de decaimentos radioativos, caracterizando e diferenciando-os tanto pela natureza dos componentes emitidos, quanto pela utilização nas diversas áreas.

Definiu-se ainda meia-vida, contemplando nos radioisótopos mais utilizados a sua importância, seja pela determinação do tempo de tal substância deve ficar acondicionada ou,

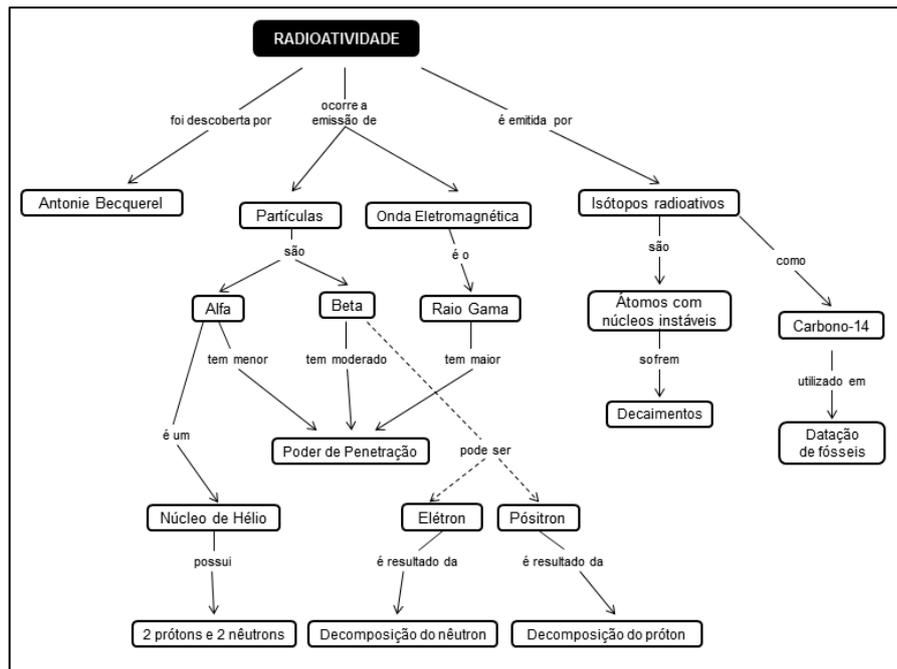
na questão do Carbono-14, a sua importância científica de datação de substâncias de origem orgânicas.

Nesta oportunidade, os alunos receberam o conteúdo ministrado em forma de um MC já pronto (Figura 40). Pelo fato do MC não ser autoexplicativo, cada aluno foi desafiado a explicar alguma inferência que fez a partir da leitura do MC. Esta atividade teve como finalidade a revisão de conteúdo da aula e possibilitou que aos alunos contato com um MC estruturado, podendo ainda compreender a sua funcionalidade como ferramenta de ensino e aprendizagem.

Assim que os primeiros alunos fizeram suas inferências, os demais não tiveram dificuldades na realização da atividade, acrescentaram preposições nas explicações e criaram as premissas com facilidade.

Este contato com um MC pronto, possibilitou aos alunos a compreensão final da sua estrutura, bem como o cuidado na sua elaboração para que o leitor consiga fazer as mesmas inferências propostas pelo escritor.

Figura 40 – MC da aula expositiva sobre radioatividade.



Fonte: o autor, 2018.

O **quarto momento** tinha como objetivo a compreensão da radioatividade como um processo natural da matéria, para isso optou-se em observar a incidência da radioatividade

natural em produtos de uso comum. Assim as questões de problematização inicial foram: *Existe radioatividade nos produtos que consumimos? Se tem, será que isso faz algum mal?*

Primeiramente os alunos foram comunicados que a aula não seria ministrada na sua sala regular, mas nos laboratórios, o que causou uma imensa satisfação nos alunos.

A utilização para o ensino de outros ambientes na escola, diferentes da sala de aula, favorece a aprendizagem, pois a mudança de cenário e o uso de ferramentas diferentes despertam a curiosidade e desejo de aprender.

Esta escola possui um laboratório de informática que comporta até 30 alunos e um laboratório de ciências com a mesma capacidade. O laboratório de informática esteve fechado por alguns anos por questões técnicas e falta de pessoal, mas foi reestruturado e reaberto em 2018, assim, alguns destes alunos nem sabiam da existência deste espaço na escola.

Os alunos foram conduzidos ao laboratório de informática (Figura 41) onde receberam as questões problematizadoras e informação de que teriam de pesquisar sobre a radioatividade nos alimentos, nos materiais de uso diário e em lugares de acesso público. Para tal fim tinham à sua disposição todo aparato tecnológico do laboratório de informática e o ambiente da internet.

A utilização de ambiente fora da sala de aula e o uso das Tecnologias de Informação (TI) foram os diferenciais para realização desta atividade, sendo também estes os objetos motivadores. O que mais se via eram declarações entusiasmadas por estarem num espaço diferente, tais como:

“Pode mesmo usar o computador?”

“Dá pra entrar na internet por aqui?”

“Podemos vir aqui em outras aulas?”

Figura 41 – Aluno no laboratório de informática.



Fonte: o autor 2018.

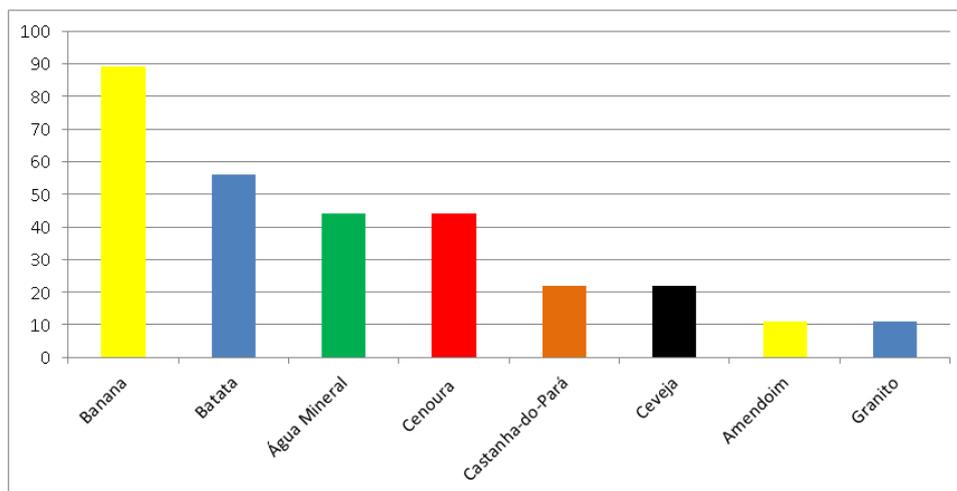
Cada grupo foi desafiado a escolher três itens que mais lhes chamou a atenção, de uma lista pré-fornecida que continha: Água Mineral, Amendoim; Areia monazítica, Banana, Batata, Carne; Castanha-do-Pará, Cenoura, Cerveja; Cigarro, Feijão-de-Lima; Granito.

Depois de escolher os itens, o grupo deveria compartilhar alguma curiosidade de cada um deles com o restante da turma, ressaltando nas suas observações a motivação da escolha de tais itens.

Os grupos justificaram as suas escolhas no fato da problemática tratar da questão relacionada à alimentação, além disso, buscaram itens que conhecem e normalmente já participam da sua alimentação ou que sejam de sua preferência. Dentro desta visão, itens como areia monazítica e cigarro foram ignorados, mesmo assim um dos grupos escolheu o granito, na justificativa um aluno relatou que a família tinha uma pequena marmoraria e desde os 10 anos frequenta o ambiente, portanto, queria saber mais sobre este fato. A motivação da escolha foi a proximidade do conteúdo com o cotidiano do aluno.

Segue o Gráfico 5 que apontam as escolhas dos grupos.

Gráfico 5 – Assuntos abordados na aula de radioatividade natural.



Fonte: o autor, 2018.

As principais curiosidades destacadas pelos grupos foram:

- Banana: É o terceiro alimento mais radioativo do planeta; possui uma unidade de medida de radioatividade que usa a banana como referência; presença de potássio-40.
- Batata: É um dos cinco alimentos mais radioativo do planeta; presença de potássio-40.
- Água Mineral: Todas as fontes tem certo nível radioatividade; por causa da presença do radônio na sua composição.
- Cenoura: É um dos cinco alimentos mais radioativo do planeta; presença de potássio-40.

- Castanha-do-Pará: É o alimento mais radioativo do mundo, por causa da presença do rádio na sua composição; chega a ser 10 vezes mais radioativa que a banana.
- Amendoim: Em muitos lugares utiliza a irradiação no processo de conservação; presença de potássio-40.
- Cerveja: É radioativa por causa da água e da cevada que possui o potássio-40.
- Granito: A estação Grand Central Station em Nova York emite mais radiação que os níveis legalmente autorizados às usinas nucleares.

Ao grupo que tinha escolhido o amendoim foi solicitado que esclarecem o que significava “irradiação para conservação de alimentos”, um membro do grupo explicou:

Aluno 1: “É uma forma de conservar que a gente coloca o amendoim num espaço com um produto radioativo, daí vai matar os ‘germes’ e o amendoim não vai estragar...” e complementou “diz aqui no site que isso não faz mal, mas, sei lá...”.

Podemos identificar nesta explicação o modelo de uso popular sobre a importância e a influência da TI na cultura social:

MMt 6: Eu acho que se um objeto for exposto ao material radioativo, passa a emitir radioatividade, mas na internet diz o contrário, então eu aceito porque ‘eles’ devem estar certos.

Após as contribuições, os grupos foram orientados a responder às questões iniciais auxiliados pelas pesquisas que fizeram. Todos os grupos chegaram à conclusão que há radioatividade em tudo que comemos, mas o nível é baixo para representar risco à saúde.

Já, no laboratório de Ciências, houve a realização de 02 (duas) representações experimentais de fenômenos ligados à radioatividade e utilizando modelos análogos com materiais de uso comum. Os alunos receberam informações sobre o motivo de estarem sendo realizadas representações com modelos análogos e que estes não eram radioativos, mas poderiam representar as propriedades das substâncias radioativas, minimizando os custos e riscos.

Os alunos receberam os roteiros das representações para que pudessem participar de todo processo da execução, assim como anotar as observações realizadas durante o processo.

A primeira representação experimental, que retratou a propriedade de fosforescência das substâncias radioativas, descrita por Becquerel, foi utilizado sabão em pó, caneta marca-texto, vitamina B, água e luz negra (Figura 42).

Figura 42 – Materiais utilizados na representação 1.



Fonte: o autor 2018.

Cada grupo fez a sua montagem utilizando um recipiente de vidro com água e acrescentando outra substância na água (sabão em pó, vitamina B ou parte interna da caneta marca-texto). Como só havia duas lâmpadas de luz negra, os grupos se revezaram na observação do efeito da fosforescência.

Foram observadas declarações como:

“Que legal, é igual luz de boate.”

“Dá pra fazer em casa também?”

“Mas por que isso acontece mesmo?”

Foi uma representação bem dinâmica, porém a todo tempo era necessário lembrar os alunos de que se tratava de uma simulação de propriedades e que os objetos que estavam sendo utilizadas não tinham forte natureza radioativa, porém é uma demonstração apropriada para trabalhar a propriedade de fosforescência (Figura 43) descoberta por Becquerel para os produtos radioativos.

Figura 43 – Realização da representação 1.



Fonte: o autor, 2018.

Como se tratava de uma representação, os registros de resultados serviram apenas como confirmação da propriedade dos elementos radioativo observada por Becquerel.

A segunda representação utilizou dados para representar matematica e graficamente a propriedade de meia-vida dos materiais radioativos, ressaltando conceitos de probabilidade.

Para cada montagem foram necessários cem dados, um recipiente para acondiciona-los e folha de papel milimetrado (Figura 44).

Cada grupo recebeu o material designado e a informação de que os dados estavam representando a totalidade de certa amostra radioativa e o “decaimento” ocorreria quando, após lançado, um ou mais dados tivessem um valor pré-estabelecido, neste caso estivesse com a face com o número 1 (um) voltada para cima.

Figura 44 – Materiais utilizados na representação 2.

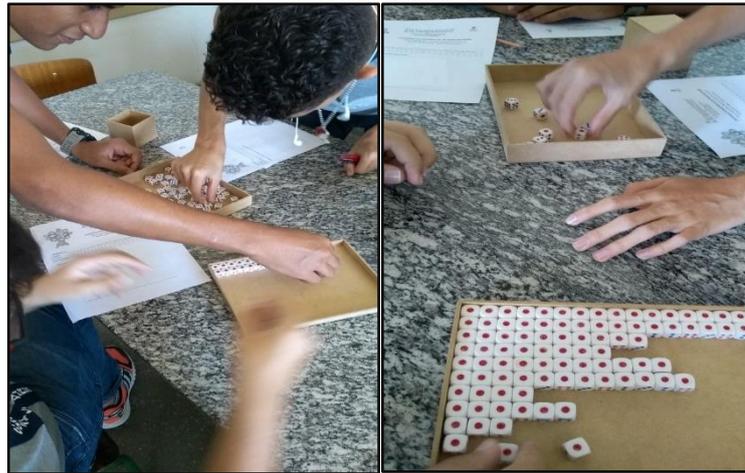


Fonte: o autor 2018.

Assim, os dados que caíssem com esse número voltado pra cima deveria ser separado e novamente retomaria as jogadas, sempre repetindo a retirada dos dados “decaídos”. Este procedimento deveria ser repetido até que todos dados fossem retirados.

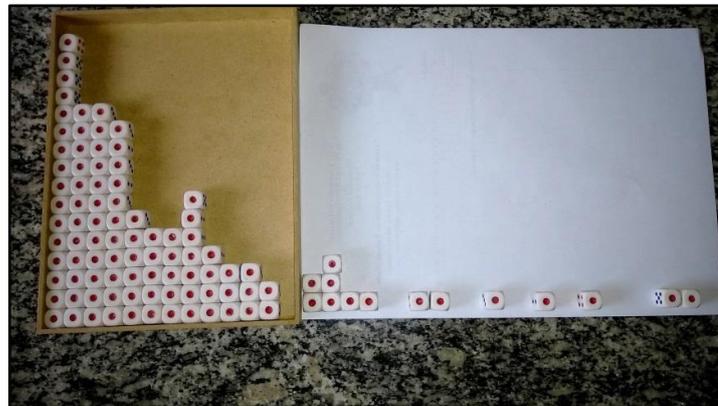
No final seria construído um gráfico com as informações obtidas durante essa atividade, fazendo assim uma inferência ao gráfico relativa à meia-vida das substâncias radioativas (Figura 46).

Figura 45 – Alunos realizando a representação 2.



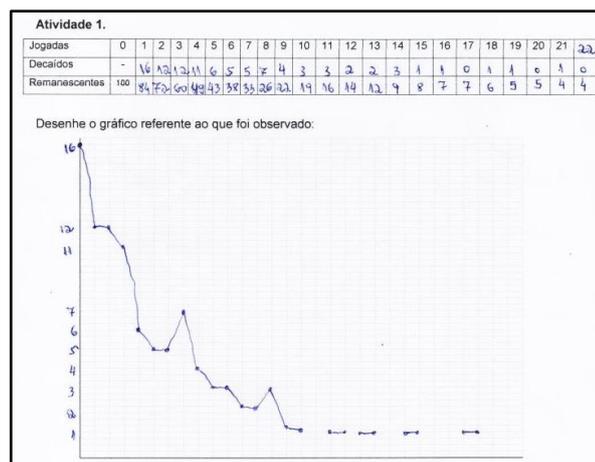
Fonte: o autor 2018.

Figura 46 – Resultado obtido nos lançamentos dos dados pelo Grupo A.



Fonte: o autor 2018.

Figura 47 – Gráfico obtido após a sequência de lançamentos pelo Grupo A.



Fonte: o autor 2018.

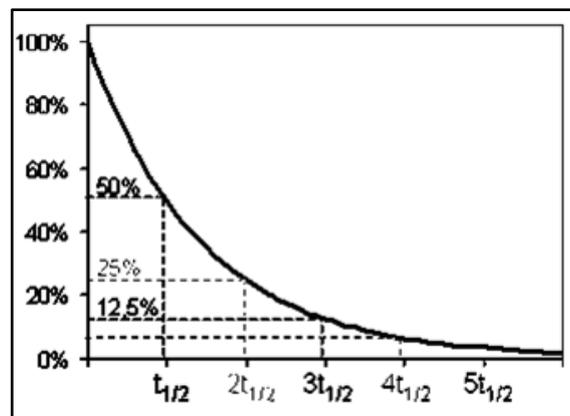
Os primeiros lançamentos dos dados foram feitos num ambiente de descontração, mas a atividade se tornou repetitiva e se tornou um pouco monótona, onde alguns grupos criticaram um pouco a atividade:

“Isso aqui não tem fim?”

“Não acaba nunca!”

Estas questões foram trabalhadas com a apresentação do gráfico da função da desintegração radioativa (Figura 48). Trabalhou-se o aspecto de que trata-se de uma função infinita, porém a representação era limitada pelo número de dados utilizados e a impossibilidade de fracioná-los.

Figura 48 – Gráfico da desintegração radioativa (meia-vida).



Fonte: o autor 2018.

Com todos gráficos prontos, os grupos foram orientados a trocá-los entre si e a fazer comparações dos resultados obtidos, também deveriam propor hipóteses para as possíveis diferenças.

Assim, um dos grupos chegou a conclusão que:

Grupo A: “o gráfico representava a média do lançamento de todos os grupos, que era representada de forma regular, enquanto que na ‘vida real’ não teria como estabelecer esse mesmo padrão, pois existe muitos fatores externos a considerar, como a ‘sorte’ por exemplo”.

Essa explicação foi seguida pelos demais grupos.

Ao chegar na sala para o **quinto momento**, o professor foi surpreendido por questionamentos do tipo:

“Pra onde vamos hoje?”

“Vamos falar de radioatividade de novo?”

Essa abordagem dos alunos nos leva a crer que, por mais que alguma atividade não tivesse surtido o efeito esperado de motivação, todo o contexto tem despertado no aluno mudanças de atitude..

Para este momento, as questões de problematização inicial foram: *Seria possível a uma pessoa adquirir superpoderes após um contato com produtos radioativos? Qual é a influência da radioatividade nos organismos?*

Assim que tiveram contato com as questões problematizadoras, alguns alunos se manifestaram dizendo ser impossível adquirir os superpoderes, outros queriam saber se iríamos ler “revistinhas em quadrinhos”, mas nenhum deles opinou sobre a segunda pergunta.

Ao responder que iríamos utilizar trechos de HQ, novamente os alunos se manifestaram dizendo que queriam revistas de seus super-heróis preferidos, citando euforicamente o nome deles.

Inicialmente os alunos tiveram à disposição alguns trechos de HQ e pequenos vídeos que retratavam a obtenção de superpoderes resultante do contato com substâncias radioativas, como ilustrado na Figura 49.

Figura 49 – Trecho de HQ utilizada em sala de aula.



Fonte: Extro, 2018.

A literatura não formal, principalmente aquela presente nas HQ, mexem com o imaginário, desenvolvem a criatividade e possibilita intervenções sem a preocupação com o rigor científico (TAVARES, 2011).

Esta atividade tinha como objetivo possibilitar ao aluno o contato com outras formas de linguagem, além do que há uma grande atração dos alunos por essa forma de literatura e sem a necessidade de uma prévia adequação da linguagem, uma vez que soma a linguagem verbal à não verbal.

Depois deste breve contato com essa literatura, e antes que pudessem responder à problemática inicial, os alunos participaram de uma atividade denominada “Mito ou Verdade”. Para essa atividade foram elaboradas dez afirmações, algumas polêmicas, acerca da radioatividade e, para cada aluno, foram confeccionadas duas placas com as inscrições MITO ou VERDADE (Figura 50).

Inicialmente, foi explicada aos alunos as regras. Ao ouvir a leitura da afirmação, cada aluno deveria se manifestar levantando uma das placas, MITO se julgasse ser essa afirmação falsa e VERDADE, se julgasse ser verdadeira.

Figura 50 – Placas confeccionadas para a atividade MITO ou VERDADE.



Fonte: o autor 2018.

Essa atividade teve grande receptividade no meio dos alunos, onde um chegou a afirmar:

“A avaliação poderia ser assim, né gente!?”

Figura 51 – Alunos na preparação para a atividade MITO ou VERDADE.



Fonte: o autor 2018.

Na execução da atividade, depois de lida a afirmação e da manifestação dos alunos, era verificado qual o voto mais expressivo para aquele item e solicitava-se a um aluno aleatório para justificar a sua escolha.

Seguem abaixo a seleção de algumas perguntas realizadas e as observações colhidas na momento da sua execução:

Pergunta 1: “Qualquer nível de radiação faz mal à saúde.”

100% da turma afirmou ser um MITO.

Aluno 1: “A banana é radioativa e não faz mal à saúde, na verdade faz bem.”

Pergunta 2: “Uma usina nuclear pode explodir como uma bomba nuclear.”

75% afirmou se tratar de um MITO.

Aluno 2: “Todos exemplos que vivos de acidentes com usinas nucleares, em nenhuma delas teve a destruição à sua volta, apenas contaminação radioativa.”

Pergunta 3: “Num acidente com liberação de material radioativo, fechar a casa ajuda.”

90% da turma diz ser VERDADE.

Aluno 3: “Eu acho que as paredes da casa pode conter a radiação, igual vimos naquela aula.”

Nas questões a seguir foram solicitados a dois alunos que justificassem suas respostas, pois na primeira o resultado estava muito próximo um do outro e na segunda, o próprio aluno pediu pra se manifestar oralmente.

Pergunta 4: “Uma pessoa contaminada por radiação pode contaminar outra pessoa.”

55% da turma diz ser VERDADE.

MMt do Aluno 4: “Eu acho que transmite radiação sim, pois a radiação fica na pessoa e ela pode contaminar outras.”

MMt do Aluno 5: “Eu acho que não, o amendoim recebe radiação e não transmite pra frente, então é igual com as pessoas.”

Pergunta 5: “As usinas nucleares jogam lixo radioativo na natureza.”

90% da turma diz ser MITO.

MMt do Aluno 6: “As usinas são sempre fiscalizadas, é impossível que façam isto.”

MMt do Aluno 7: “Não digo jogar, mas em alguns países o lixo é colocado no fundo do mar, entendo isso com colocar na natureza.”

Pode-se notar que os alunos seguiram praticamente o mesmo padrão nas respostas e, quando eram convidados a justificar suas respostas, se manifestavam citando pontos que

foram estudados nas etapas anteriores, sempre baseando suas respostas nos exemplos práticos, o que demonstrou uma mudança nos *MMt* destes alunos, resultado das interações com as atividades das etapas anteriores.

Quando as afirmativas terminaram, alguns alunos se mostraram desejosos de continuar. Porém ainda era necessário responder à problematização inicial, assim, os alunos foram novamente divididos em grupos e desafiados a construir o seu próprio trecho de HQ, retratando o que foi observado durante a aplicação das atividades e discussões posteriores.

Para esta atividade tivemos manifestações opostas:

“Oba... adoro desenhar!”

“Sei até o que vou fazer.”

“Ah não! Eu não sei desenhar, o que faço?”

O foco desta atividade não era a natureza do desenho, mas a expressão da resposta para a problemática inicial, ou seja, dessa vez a hipótese para a problemática seria dada em forma de um trecho de HQ utilizando apenas quatro quadros.

As Figuras 52 e 53 são ilustrações criadas pelos alunos como resposta à problematização.

Figura 52 – Trecho de HQ criada pelo Grupo A.



Fonte: o autor 2018.

Figura 53 – Trecho de HQ criada pelo Grupo B.



Fonte: o autor 2018.

Todos os grupos optaram por demonstrar que o contato com a radioatividade pode causar morte, a diferença nas representações ficou restrita à fonte emissora da radiação, sendo que foram utilizadas as usinas nucleares, o lixo radioativo e aparelho de Raio X.

Por fim, os alunos foram lembrados que existe a diferença entre radiação e radioatividade, assim cada grupo recebeu a tarefa de pesquisar sobre uma das faixas do espectro eletromagnético (Figura 54) e produzir uma apresentação que será compartilhada com o restante da turma.

Figura 54 – Espectro Eletromagnético.



Fonte: o autor 2018.

Cada grupo deveria apresentar numa folha A3 conceitos e curiosidades do espectro da sua responsabilidade, com exemplos e figuras de referência. Também deveria apresentá-lo oralmente em 5 minutos em uma aula posterior.

Para o **sexto momento** os alunos novamente foram levados ao laboratório de informática (FIGURA 55). A problematização inicial foi: *Quando a radioatividade acaba, o que acontece com o elemento químico?*

Figura 55 – Aula no laboratório de informática.



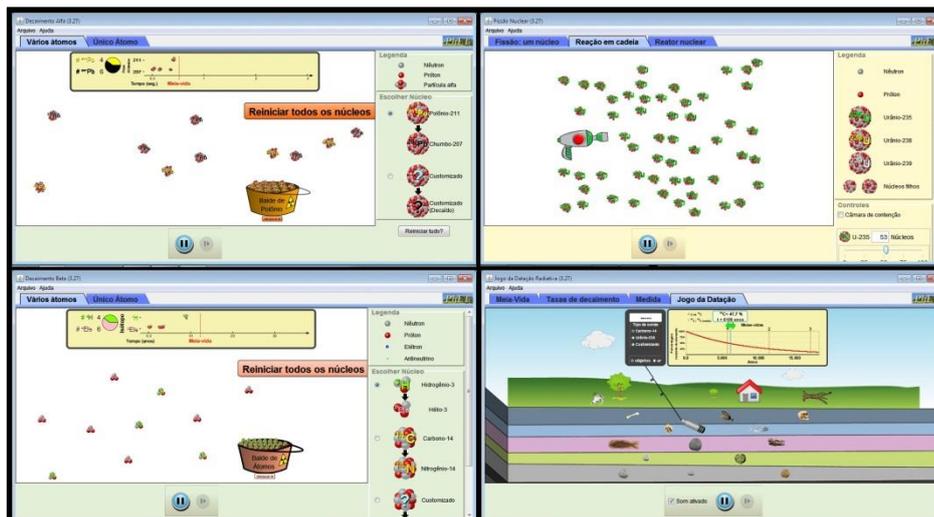
Fonte: o autor 2018.

De antemão os computadores do laboratório foram preparados para essa aula, houve a necessidade da atualização e instalação de alguns *softwares*, operação executada por um aluno da turma que já havia se colocado à disposição para esse fim na visita anterior ao laboratório,

quando foi feito o primeiro teste sobre a possibilidade de utilização da plataforma *PhET* no laboratório da escola.

A atividade proposta foi executada em grupos, onde os alunos utilizaram 04 (quatro) *softwares* computacionais do *PhET* que permitem a simulação de decaimentos e fissão nuclear (Figura 56).

Figura 56 – *Softwares* de simulação radioativa utilizados.



Fonte: PhET <<https://PhET.colorado.edu>>, 2018.

[...] os simuladores virtuais são os recursos tecnológicos mais utilizados no Ensino de Física, pela óbvia vantagem que tem como ponte entre o estudo do fenômeno da maneira tradicional (quadro-egiz) e os experimentos de laboratório, pois permitem que os resultados sejam vistos com clareza, repetidas vezes, com um grande número de variáveis envolvidas (COELHO, 2002, p. 39).

Os alunos receberam o roteiro que continha algumas tarefas a realizar, com graus de complexidade diferentes e abrangendo os temas: decaimento alfa, decaimento beta, fissão nuclear, reação em cadeia, reator nuclear e meia vida.

Foram feitas algumas considerações sobre o uso dos *softwares*: como e quais abas utilizar, possíveis movimentos e teclas de ação; sobre o nível de abstração da representação, pois se tratava de simulações que ocorrem na matéria a níveis nucleares, e também da natureza da atividade em si, ou seja, os grupos deveriam responder às questões propostas no roteiro, baseadas na utilização dos softwares e, por fim, responder à problemática inicial.

Não houveram muitas dúvidas quanto à utilização dos *softwares*, por serem estes bem intuitivos e se tratar de faixa etária com certa facilidade de operação no ambiente virtual.

Todos os grupos chegaram nas respostas para as questões propostas no roteiro, porém o que se esperava, é que estas atividades auxiliassem na fundamentação das hipóteses que responderiam a problemática inicial.

Quando solicitados, os alunos prontamente responderam as questões iniciais. Nas respostas dos alunos surgiram vários termos específicos do tema estudado, o que demonstra uma mudança qualitativa nos seus modelos mentais.

No **sétimo momento**, as questões iniciais foram: *Do que a matéria é feita? Existe alguma coisa menor que o átomo?*

Dessa vez, aos grupos, foi solicitado que respondessem à primeira questão antes de qualquer pesquisa com uso de material auxiliar, mas sem ainda formular hipóteses para às questões problematizadoras.

A estratégia era realizar uma discussão dialogada na sala, onde cada grupo seria arguido e a resposta deste seria transformada em pergunta para o outro grupo, até que não houvesse mais respostas. Segue abaixo transcrição do diálogo dessa atividade:

- *Professor: Do que é feito a matéria?*
- *Grupo A: De átomos e moléculas, é claro.*
- *Professor: E existe alguma coisa menor do que o átomo?*
- *Grupo 2: O átomo é formado de prótons, nêutrons e elétrons, então, tem coisa menor.*
- *Professor: E do que é feito o próton?*
- *Grupo 3: Acho que é uma ‘massa’ positiva.*
- *Professor: De onde vem a massa do próton?*
- *Grupo 4: Do elétron!?*
- *Professor: O elétron tem massa?*
- *Grupo 5: Não.*
- *Professor: Por que o elétron não tem massa?*
- *Grupo 6: Ah... Não sei...*

Fica evidente neste diálogo que os conhecimentos dos alunos acerca da constituição da matéria se restringem ao átomo e seus constituintes primários, sendo este o *MMt* identificado.

Encerrado o diálogo, e para subsidiar o conhecimento acerca da Física de Partículas, os alunos assistiram ao vídeo de título “Discreto Charme das Partículas Elementares” como forma de introduzir o tema. Associado ao vídeo, os alunos receberam uma cópia da tabela

denominada Modelo Padrão das Partículas Elementares (ANEXO C), para aumentar a interação com os conhecimentos que lhes são apresentados.

Os grupos foram então orientados a responder as questões problematizadoras, bem como aquelas constantes do diálogo com o professor/pesquisador, utilizando os meios fornecidos e aqueles que julgassem pertinentes.

Foi perceptível a mudança das respostas dos grupos só com a utilização dos meios aqui destacados, além disso, a atividade despertou a curiosidade dos alunos e o que se observou na discussão dos grupos eram mais perguntas que respostas. Foram algumas delas:

“Mas será que não tem nada menor que estas partículas?”

“Como que se pode afirmar a existência desse monte de partículas?”

“O próton é formado de quarks. Os elétrons são feitos de que então?”

Apesar da sinalização de que foram agregados novos conhecimentos, entendemos que neste conteúdo há necessidade de um trabalho mais extenso, isso utilizando como referência as dúvidas apresentadas pelos alunos no final da atividade e a quantidade restrita de material que tiveram para realizar suas pesquisas.

Ainda em grupos, os alunos foram desafiados a escolher um átomo de elemento químico com massa atômica de 10 a 20 e, para esse átomo, deviria reconstruir o seu núcleo utilizando os conceitos de *quarks*. Utilizaram bolinhas de papel de cores diferentes (vermelha e verde) para representar os *quarks Up e Down* (Figura 57)

Figura 57 – Materiais utilizados na atividade reconstrução nuclear.



Fonte: o autor 2018.

Esta atividade tinha como objetivo a fixação da composição das partículas subatômicas e reconhecimento da existência das partículas num contexto de ampliação do conhecimento da constituição atômica. A sua execução transcorreu num ambiente de descontração.

Neste ponto, os alunos foram orientados à respeito das próximas etapas, do processo de avaliação do projeto e da necessidade do mesmo engajamento que já vinha acontecendo nas atividades finais. No início da explanação, algumas manifestações dos alunos foram audíveis, como:

“Mas já acabou?” e “Agora que estava ficando bom.”

No **oitavo e nono momentos** houve a retomada da problematização inicial: *“Por que as pessoas tem medo da radioatividade?”*. Sendo estas etapas conclusivas e avaliativas, acredita-se que, a com a utilização da ABP, os alunos já tivessem construídos *MMt* mais elaborados, se comparados com aqueles que demonstravam no primeiro momento.

Três atividades compunham estas etapas.

A primeira atividade era a retomada do conceito de radiação, aqui os grupos deveriam fazer uma apresentação das pesquisas solicitadas no quinto momento.

Cada grupo teria 5 (cinco) minutos para retratar uma das faixas do espectro eletromagnético, sendo o foco na conceituação, caracterização e curiosidades sobre o espectro. Após a apresentação, cada grupo deveria colar no quadro a parte que lhe cabia para juntos formar todo espectro eletromagnético.

Durante a apresentação os alunos se preocuparam mais com os aspectos conceituais do espectro eletromagnético, quase sempre estabelecendo princípios de observação gráfica e numérica para cada um deles. A criatividade ficou por conta dos exemplos citados pelos grupos.

Neste momento da aplicação, os alunos já compreendiam a dinâmica do método utilizado, portanto não houve questionamentos. Eles se organizaram em grupos, consultaram várias fontes para chegar às respostas.

Observamos que quando uma questão fazia referência ao tema apresentado por um certo grupo, este era requisitado pelos demais para ajuda-los naquele intento. Numa clara demonstração de reconhecimento de domínio conceitual, porém os grupos foram alertados para o fato de que se esperava que houvesse a construção do conhecimento durante a execução das respostas.

A segunda atividade constava na apresentação de esquetes ou vídeos sobre o que foi trabalhado neste projeto, cada grupo encenaria passagens correlacionadas com o tema radioatividade e Física Nuclear.

Por solicitação dos próprios alunos, os grupos, que antes eram trios, passaram a ter até 9 (nove) pessoas para essa atividade. Alegaram que um grupo maior possibilitaria dividir melhor as tarefas. Assim, nesta atividade, tínhamos apenas 3 (três) grupos.

Os grupos deveriam entregar no dia o roteiro da representação onde constasse o objetivo e a justificativa da escolha do trecho representado. No caso do vídeo, deveria também entregar a cópia numa mídia compatível com o sistema operacional *Windows*.

Estes foram alertados que, caso optassem por esquete, sua apresentação seria filmada pelo professor/pesquisador para futuras análises.

Apesar da liberdade de escolha entre esquete e vídeo, todos os grupos optaram por utilizar o primeiro recurso. Ao serem questionados sobre suas escolhas, os representantes das equipes responderam:

“Escolhemos encenar porque fica difícil reunir todo mundo noutra lugar fora da escola, é melhor fazer na hora, porque a gente sabe com quem pode contar.”

“Quando um podia o outro não, fazendo a peça ficou fácil, ensaiamos nos intervalos da aula, cada um levou o papel pra casa e na hora a coisa sai.”

“Sei lá, achamos mais fácil encenar, toma menos tempo. O vídeo tinha que gravar, se der errado, tem que gravar de novo, dá muito trabalho.”

A esquete 1 apresentou o recorte do tema radioatividade natural (ANEXO E).

Nela foram retratadas a radioatividade nos alimentos e nos ambientes, a emissão natural da radiação também estava presente no trabalho. De forma cômica, os alunos encenaram uma reunião de amigos numa praça pública e utilizaram como ponto de partida a radioatividade da banana, trabalharam os números desta radiação nos alimentos e em praias de areia monazítica, encerram com uma crítica sobre a intolerância racial utilizando como uma encenação de ataque terrorista.

Figura 58 – Momento de apresentação da Esquete 1.



Fonte: o autor 2018.

Os alunos não se preocuparam muito com termos técnico-conceituais da radioatividade, o que afastou um pouco da proposta inicial. Eles focaram em trazer leveza para o tema e também trabalhar temas sociais adjacentes, inclusive alguns que não foram sequer citados durante a execução das etapas, o que demonstra que a responsabilidade da escola com outras causas.

A esquete 2 focou nos conceitos básicos de radioatividade: história e decaimentos (ANEXO F).

Foram trabalhados a descoberta da radioatividade, seus personagens mais eminentes (Becquerel, Rotgen, Marie Curie), decaimentos e radiação eletromagnética. Os alunos encenaram um ambiente de uma sala onde o professor arguia os alunos sobre o tema radioatividade, assim os tópicos eram um a um mencionados de forma bem conceitual.

Figura 59 – Momento de apresentação da Esquete 2.



Fonte: o autor 2018.

Por mais que os alunos tenham tentado apresentar o conteúdo com maior amplitude, a forma escolhida nessa esquete fez com que o trabalho se tornasse monótono, pois representava uma escola “tradicional” onde o professor fazia perguntas de um questionário e os alunos respondiam tudo decorado.

A seriedade da apresentação e do contexto inserido nos fez refletir sobre a forma como os professores tem passado os conteúdos para os alunos e as inferências que estes fazem sobre a papel da escola e o processo de ensino e aprendizagem.

A esquete 3 falava sobre os desastres ambientais e suas consequências (ANEXO F).

O assunto em voga foram os desastres ocorridos com as usinas atômicas e com o cézio-137 em Goiânia. Retrataram a conversa entre três pessoas e, ao mesmo tempo, as

consequências das suas conversas. Para dar leveza ao assunto, os alunos apelaram em alguns momentos para a comicidade.

Figura 60 – Momento de apresentação da Esquete 3.



Fonte: o autor 2018.

Na execução desta esquete, o grupo abrangeu muitos conceitos tendo os acidentes como referências para tratar o conteúdo e utilizou de vários elementos para não ser tão monótono.

A apresentação foi realizada durante um momento de descontração, mas entendemos o objetivo foi alcançado, pois cada um dos grupos teve a preocupação de responder, nas suas apresentações, a problemática inicial: “Por que as pessoas tem medo da radioatividade?”.

Na última atividade os alunos reunidos em seus respectivos grupos elaboraram MC, relacionando os conceitos dos conteúdos trabalhados ao longo da aplicação da proposta, estes devem conter palavras de ligação bem como uma relação mais hierárquica dos conceitos, bem como a diferenciação dos mesmos e a recursividade.

Para Aguiar & Correia (2013) dominar a técnica de construção de MC possibilita a organização e representação do conhecimento em alto nível, o que propicia a AS.

Ainda, segundo os autores, “o sucesso na utilização dos MCs como uma estratégia inovadora em sala de aula depende de um período de treinamento na técnica, que deve envolver professores (primeiro) e seus alunos (depois)” (AGUIAR; CORREIA, 2013, p. 156).

Assim, durante a realização das etapas procurou-se realizar atividades que possibilitassem aos alunos representar seus MM, ao mesmo tempo em que os treinassem para a elaboração do MC para a avaliação final.

Durante a execução desta atividade não foram relatadas pelos alunos de dificuldades no entendimento do que deveria ser feito, entendemos este fato como ponto positivo para o treinamento que foi feito durante as etapas de aplicação da sequência didática.

Utilizamos como referência para análise dos MC elaborados pelos alunos o MR da Figura 21 que foi elaborado em consonância com o MC da aula expositiva (Figura 36). Este

MR tratava apenas dos aspectos históricos e conceituais da radioatividade, sendo que estes foram os temas trabalhados diretamente pelo professor nas aulas expositivas, mas esperava-se que os mapas dos alunos, além destes conceitos expostos teriam informações mais práticas sobre o tema, aquelas que os alunos foram captando ao longo das atividades para fazer as inferências necessárias para explicitar seus *MMt*.

Assim criamos categorias para avalia-los (Quadro 5):

Quadro 5 – Categorias destacadas nos Mapas Conceituais.

Categoria	Ação
M1	Conceitos e propriedades relativos à radioatividade.
M2	Personagens e fatos históricos.
M3	Radioatividade e meio ambiente.
M4	Acidentes radioativos.
M5	Partículas elementares

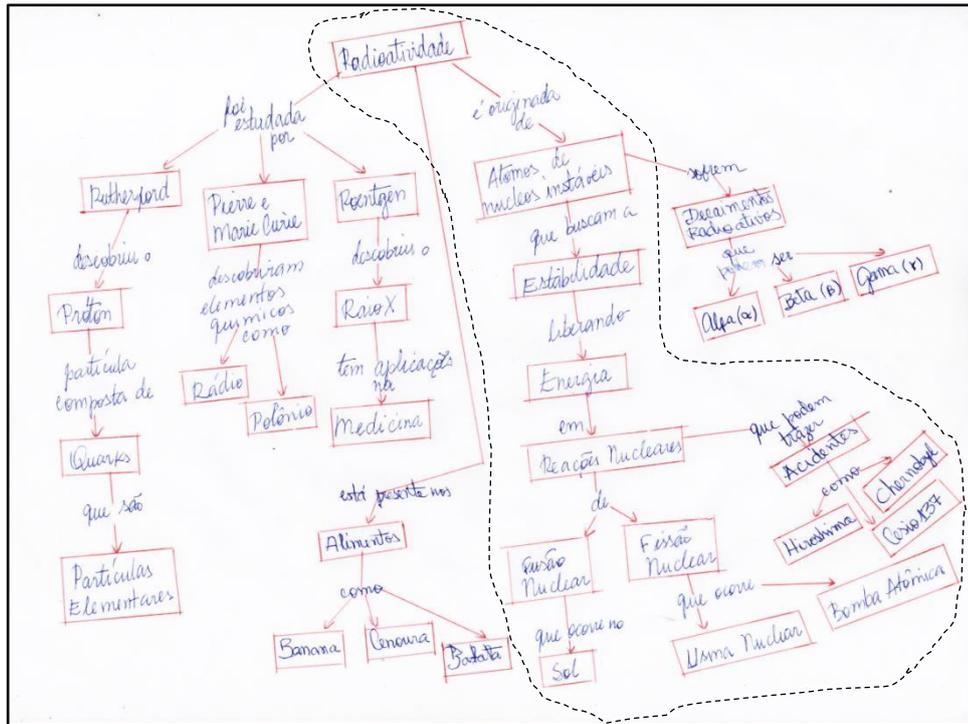
Fonte: o autor, 2018.

Segue a apresentação de MC elaborados por cinco grupos e as informações coletadas após suas análises.

A Figura 61 traz o MC confeccionado pelo Grupo A.

Nota-se que o mapa elaborado pelo Grupo A (Figura 61) tem boa organização e hierarquização de conceitos. O grupo abordou conceitos diversos sobre radioatividade, história das Ciências e até estabeleceu ligação com o conteúdo ministrado de partículas elementares. Faltou demonstrar a recursividade de conceitos e, apesar de ter proposições erradas, teve a preocupação em abranger o máximo de conteúdos trabalhados.

Figura 61 – Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo A.



Fonte: o autor, 2018.

Nele encontramos elementos de todas as categorias (M1 até M5) em grande quantidade, sendo que continha 95% das proposições do mapa de referência.

O que chamou mais a atenção foi, dentro dos conceitos, a presença de fusão nuclear, pois este assunto não foi diretamente tratado em nenhum dos momentos desta proposta didática.

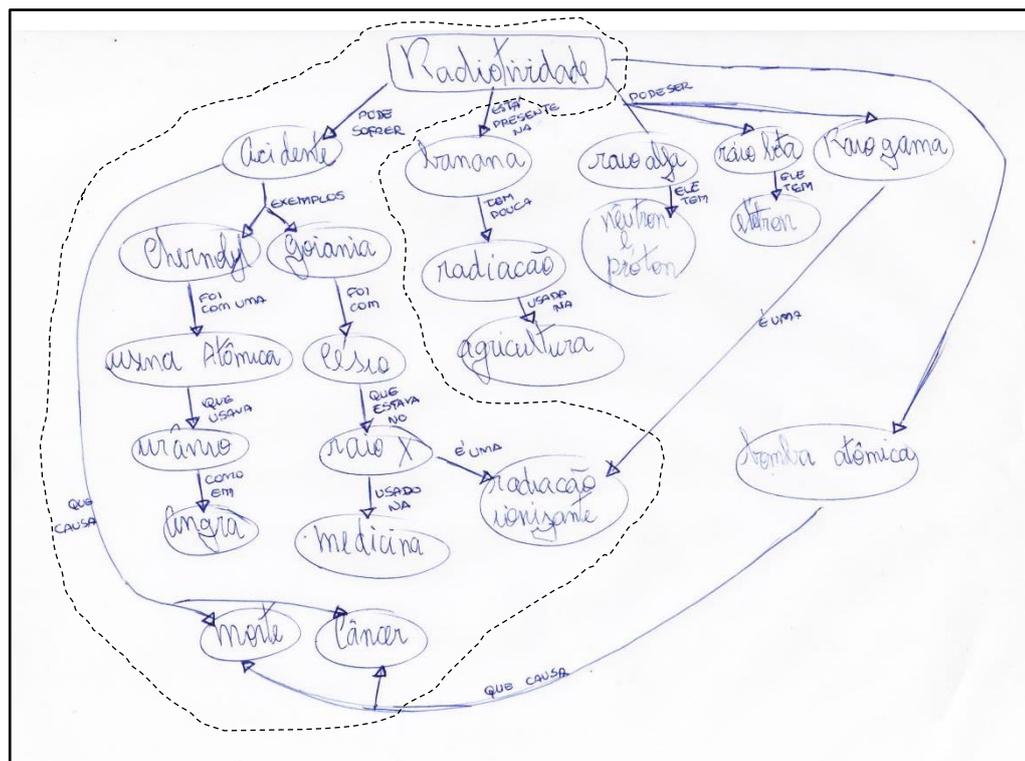
No destaque da Figura 57 evidenciamos o *MMt* do grupo que está destacado a seguir:

MMt Grupo A

“A radioatividade é originada de átomos de núcleos instáveis que buscam a estabilidade liberando energia em forma de reações nucleares. Essas reações podem ser de fusão nuclear, que ocorre no sol, ou fissão, que ocorre nas usinas nucleares e na bomba atômica. As reações nucleares podem trazer acidentes como os de Horoshima, Chernobyl e com o Césio-137”.

A Figura 62 traz o MC confeccionado pelo Grupo B.

Figura 62 – Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo B.



Fonte: o autor, 2018.

Esse MC foi construído em duas etapas. Na primeira os alunos escreveram todos os conceitos e os interligaram, um pouco antes de entregar, nos perguntaram se era necessário colocar os termos de ligação. Diante da afirmativa, voltaram e assim o fizeram.

Apesar deste contratempo, este mapa foi elaborado com criatividade e organizado, porém sem a hierarquização dos conceitos necessária.

O grupo não utilizou muitos conceitos, mas estabeleceu boas relações dentro de uma sequência lógica. Apresentou proposições nas categorias M1, M2, M3 e M4, sendo estas últimas com maior intensidade. Como o mapa de referência abrangia apenas proposições da M1 e M2, na comparação apresentou apenas 45% das proposições do mapa de referência.

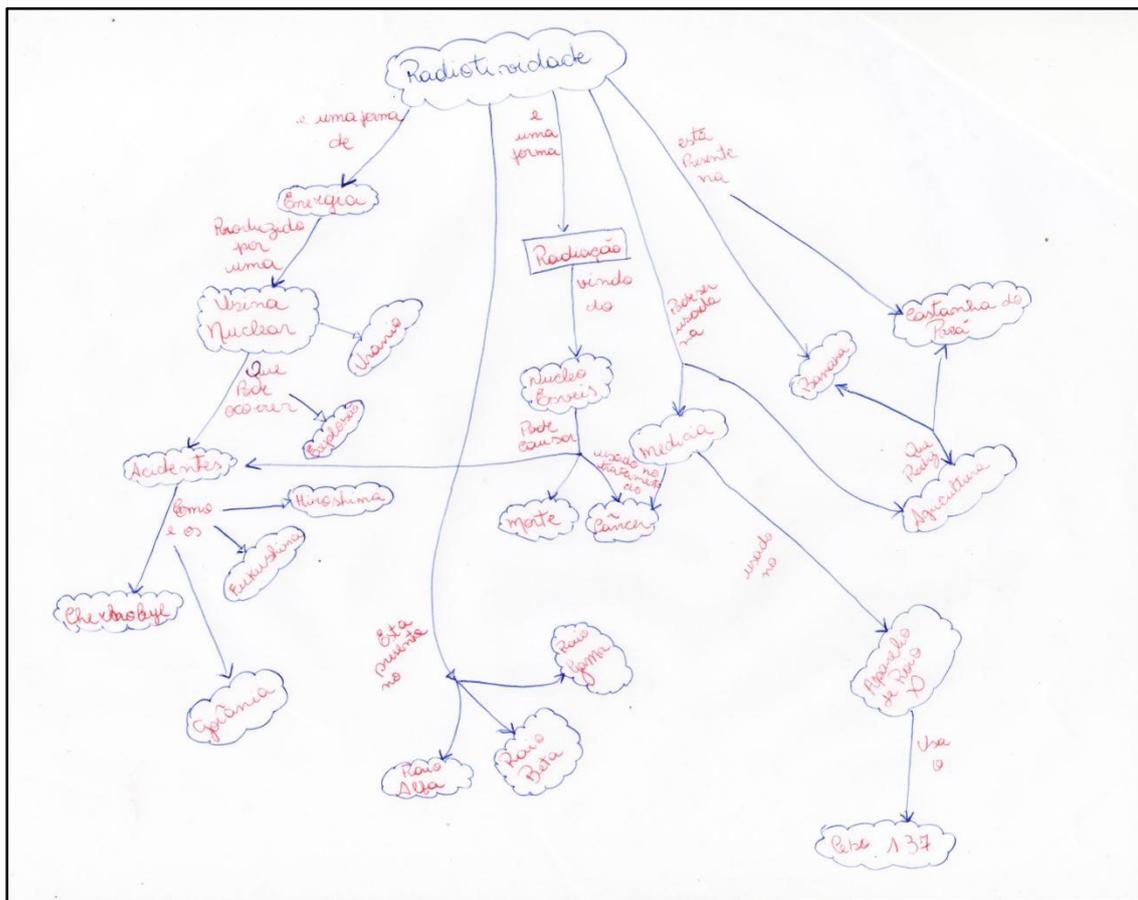
No destaque da Figura 62 evidenciamos o *MMt* do grupo que está destacado a seguir:

MMt Grupo B

“Podem ocorrer acidentes com a radioatividade, como Chernobyl e Goiânia. O de Chernobyl foi em Usina Nuclear que usava Urânio, assim como ocorre em Angra. O de Goiânia foi com o Césio-137 que estava num aparelho de Raio X, que é uma fonte de radiação ionizante, utilizado na medicina. Os acidentes podem causar câncer e até a morte.”

A Figura 63 traz o MC confeccionado pelo Grupo C.

Figura 64 – Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo D.



Fonte: o autor, 2018.

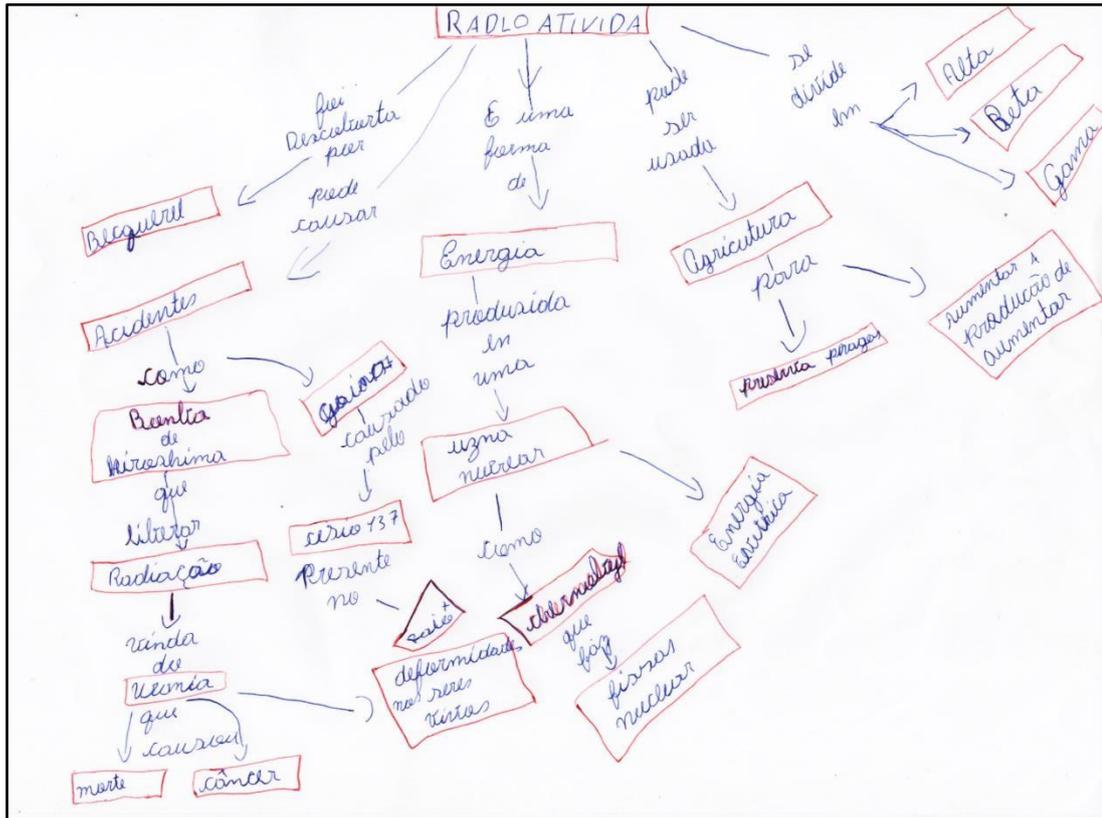
O Grupo D elaborou um mapa onde a maior parte dos conceitos eram exemplos trabalhados em sala de aula, utilizando poucos conceitos teóricos. Apesar disso, foram criativos e cuidadosos na estruturação do mapa.

Utilizou bem a hierarquização foi utilizada e também, em muitos pontos do mapa, a recursividade de conceitos, mesmo que errado às vezes.

Assim como os Grupo A e o B, apresentou apenas proposições nas categorias M1 até M4, sendo estas últimas com maior intensidade. Da mesma forma só abrangeu apenas 50% das proposições do mapa de referência. O que não é ruim, pois o mapa de referência só contemplava uma categoria (M1 e M2) e entendemos que os mapas aqui registrados revelam os MMt dos alunos, ou seja, aquilo que é mais relevante naquele momento de inferências.

A Figura 65 traz o MC confeccionado pelo Grupo E.

Figura 65 – Mapa Conceitual elaborado pelo Grupo E.



Fonte: o autor, 2018.

Este mapa também foi elaborado sem a observação estrutural. Apresenta erros nas proposições, mas abrange conceitos de vários momentos. Os conceitos foram dispostos observando certa hierarquia.

Nele encontramos elementos de das categorias (M1 até M4), comparando com o mapa de referência, alcançou 60% das proposições.

O Quadro 6 destaca as informações coletadas nos MC por categorias.

Quadro 6 – Categorização dos Mapas Conceituais.

Grupo	Categorias					Comparação com Mapa de referência (MR)
	M1	M2	M3	M4	M5	
MR	Sim	Sim	----	----	----	100%
A	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	90%
B	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	45%
C	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	40%
D	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	50%
E	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	60%

Fonte: o autor, 2018.

5.2 Discussão dos resultados: progressão dos *MMt*

Os MCs elaborados pelos alunos apresentaram grande quantidade de relações conceituais, com predominância dos aspectos da radioatividade associada à indústria armamentista, acidentes com produtos radioativos, produção de energia e radioatividade natural, presente nos alimentos, em especial a banana (categorias M1, M2, M3 e M4).

Essas associações sinalizam para modelos mentais (MM) dos alunos no momento da aplicação da atividade, já que as categorias M3 (Radioatividade e meio ambiente) e M4 (Acidentes radioativos) contemplam conceitos que fazem parte do cotidiano do aluno.

Durante as avaliações das etapas foram destacados *MMt* que faziam inferência à modelos mentais coerente sobre o tema, exemplificado pelo destaque a seguir:

Aluno 1 / Grupo A

“A radioatividade está na bomba atômica e pode matar”

“A radioatividade pode causar câncer”

“Nem toda radioatividade faz mal a saúde”

“Alguns alimentos são naturalmente radioativos”

Nas proposições dos MC vemos a evolução dos *MMt*, pois questões que antes eram problematizadoras e faziam parte desta pesquisa, passaram a ser premissas e figuraram nos gráficos, como o exemplo da “radioatividade natural na banana”.

Recursos como hierarquização de conceitos e ligações transversais foram explorados na maioria dos mapas, mas um ponto negativo foi o fato de apenas um dos grupos apresentar recursividade de conceitos. Isso pode estar associado à falta desta ênfase durante a apresentação da estratégia aos alunos, o que precisa ser corrigido no futuro.

Entendemos que, neste trabalho, o instituto da problematização utilizando o método da ABP nessa evolução dos *MMt*. Outro destaque positivo foi o fato dos alunos, nos últimos encontros, ao receber as primeiras informações se organizarem para resolver ao que foi solicitado, este dinamismo e predisposição, o que não era comumente visto nos primeiros encontros.

6 CONCLUSÃO

No cenário do ensino de Física atual, esta pesquisa tem a pretensão de minimizar problemas e despertar o interesse dos alunos e também de mudar a visão distorcida que os mesmos possuem acerca da Física, que é o do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) criado pela Sociedade Brasileira de Física.

Para tanto faz uso de estratégias variadas e ações que buscam favorecer o processo de ensino e de aprendizagem, incluindo aqui discussões acerca de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), com ênfase na Radioatividade e Física Nuclear, defendendo a ideia de que sequências didáticas com atividades diferenciadas e facilitadoras da aprendizagem como experimentos, simulações computacionais, mapas conceituais, uso da história da ciência, jogos, teatro, etc., podem ser alternativas para a construção do conhecimento acerca do tema.

Nesse contexto, este presente trabalho apresentou uma proposta diferenciada baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, tendo como veículo de aprendizagem a utilização do método ABP, que resultou na elaboração de um produto educacional sobre o tema radioatividade.

A Radioatividade ainda desperta o interesse da humanidade permeada por considerações fantasiosas embasadas em produções artísticas de ficção científica.

O uso da problematização trouxe o tema Radioatividade para um contexto mais próximo do aluno, despertando nele uma visão mais crítica acerca da sociedade e seus problemas adjacentes, principalmente no que tange as informações que são veiculadas, possibilitando assim que o educando faça várias representações mentais.

Por ser a ABP um método onde o aprendiz faz muitas inferências até chegar na solução da problemática, nesta pesquisa a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird foi utilizada como mecanismos de avaliação dos alunos, buscando nas suas manifestações indícios da AS nos *MMt* que explicitava durante a execução das atividades.

Da TAS, trouxemos para esse trabalho os MC como ferramenta importantíssima de avaliação, pois os alunos podem, por meio de livre associação, traduzir as suas inferências em esquemas e, posteriormente, em conceitos, facilitando o uso da TMM.

De maneira geral, as atividades propostas e que foram desenvolvidas utilizando como fundamento a problematização desempenharam certa motivação do aluno em aprender de maneira satisfatória. O que pode ser observado em vários momentos da pesquisa, por manifestações orais dos alunos e pela predisposição em realizar as atividades propostas.

A cada etapa os alunos apresentavam *MMt* mais elaborados, o que demonstra fortes indícios de que o método da problematização estava promovendo uma mudança nos MM dos alunos, condição que favorece a aprendizagem significativa, segundo Ausubel.

Por fim, pode-se dizer que o método da problematização facilita a explicitação de MM, bem como desenvolve a predisposição para o aprender e contribui para aquisição do conhecimento, pois utiliza de questões e referências mais próximas do aluno.

REFERÊNCIAS

- AULER, D.; BAZZO, W.A. *Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro*. São Paulo, 2001
- AUSUBEL, D. P. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Educational Psychology*. 2. ed. New York, Rinehart and Winston, 1978.
- BARELL, J. *Problem-Based Learning. An Inquiry Approach*. Thousand Oaks: Corwin Press, 2007.
- BOHR, Niels. *Física Atômica e Conhecimento Humano*. Ensaios 1932-1957. São Paulo: Contraponto, 1995.
- BOFF, C.A.; BASTOS, R.O.; MELQUIADES, F.L. Construção e Caracterização de um Detector de Ionização Gasosa para Instrumentação no Ensino de Física Nuclear. *IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia*. Ponta Grossa, Nov. 2014.
- BRASIL. *Lei nº 9.394*, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, 1996.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias*. V. 2. Brasília: MEC/SEB, 2006.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais*. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *PCN+: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Física*. Brasília: MEC/SEF, 2007.
- CALDAS, R. L. Estudo dos Modelos Mentais elaborados por alunos do Proeja sobre temas De Física Moderna: Contribuições para o planejamento do ensino. *Ensenanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas; nro Extra (2013-Atas)*. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias; Girona/Es, 9-12 de septiembre de 2013.1849-1854 pp.
- CALDAS, R. L.; VERDEAUX, M. de F. da S.; SOUSA, C. M. S. G. A utilização de diagramas conceituais no ensino de física em nível médio: um estudo em conteúdos de ondulatória, acústica e óptica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 3, 3401, 2009.
- CAMARGO, D. *As emoções e a Escola*. Curitiba: Travessa dos Editores, 2004.
- CAMPOS, M.C.; NIGRO, R.G. *Teoria e Prática em Ciências na Escola: ensino-aprendizagem como investigação*. São Paulo: FTD, 2009.

COELHO, Rafael Otto. O uso da informática no ensino de física de nível médio. *Dissertação* (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2002.

DE AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. C.. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 2, 2013.

FIN, A.S.; MALACARNE, V. *A Concepção do Ensino de Ciências na Educação Infantil e as suas Implicações na Formação do Pensamento Científico no Decorrer do Processo Educacional*. Maringá: UEM, Maio 2012.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GRECA, I.M.; MOREIRA, M.A. *Além da Detecção de Modelos Mentais dos Estudantes: uma proposta representacional integradora*. Investigações em Ensino de Ciências. Porto Alegre, 2002.

HALLIDAY, D.; RESNICK, J. W. *Fundamentos da Física*. Óptica e Física Moderna. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. V. 4.

JOHSON-LAIRD, P. N. *Mental Models*. Cambridge: Harvard University Press, 1983.

LAMBROS. *Problem Based Learning in Middle and High School Classrooms: A Teacher's Guide to Implementatio*. Thousand Oaks: Corwin Press, Inc. 2004.

LOPES, J. L. *A Estrutura Quântica da Matéria: Do átomo pré-socrático às partículas elementares*. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2005.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; GUIMARÃES, C. *Física: Contextos e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2017.

MINAYO, M. C. S. *O desafio do conhecimento*. 11 ed. São Paulo: Hucitec, 2008.

MOREIRA, M. A. *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. *Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo: subsídios teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências*. Porto Alegre: UFRS, 2009.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. *Revista Chilena de Educação Científica*, v. 4, n. 2, p. 38-44, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 24/11/2018.

MOREIRA, M. A. *Modelos Mentais*. Porto Alegre: UFRS, 1996.

MOREIRA, M. A. Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa. *Revista Chilena de Educación Científica*, Santiago, v. 7, n. 2, p. 23-30, set. 2008. Revisado em 2012.

- MOREIRA, M. A. *Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos*. Porto Alegre, 2009.
- MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; PALMERO, M. L. R. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Investigación em Educação em Ciências*, v. 2, n. 3, p. 36-56, 2002.
- NOVAK, J.D; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos Mapas Conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Revista Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun. 2010. Disponível em: <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa>. Acesso em: 24/11/2018.
- NOVAK, J.D; GOWIN, B. D. *Aprender a Aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.
- OFUGI, C. D. R.; PIETROCOLA, M. Análise de artigos sobre o ensino da relatividade restrita pela transposição didática. *Anais*. In: VII Encontro de pesquisa em Ensino de Física. Florianópolis, 2000.
- OLIVEIRA, M. T. Considerações sobre a metáfora, a analogia e a aprendizagem em ciência. *Revista de Educação*, v. 9, n.2, São Paulo, Abr. 2000.
- OLIVEIRA, V. M. C.; OLIVEIRA, V. L. B. *O Livro Didático de Ciências e a Problematização*. São Paulo, 2008.
- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. *Caderno Catarinense no Ensino de Física*, v. 16, n. 3: p. 267-286, dez. 1999.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. *Revista Investição em Ensino de Ciências do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, v. 5, n.1, p. 23-28, jan. 2000.
- PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de FMC: uma revisão bibliográfica da produção acadêmica. *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre, v.14, n. 3, pp. 393-420, dez. 2009.
- POZO, J. I. *Aprendizes e Mestres: a nova cultura da aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- POZO, J. I.; GOMEZ CRESPO, M. A. G. *A Aprendizagem e o Ensino de Ciências*. Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. São Paulo: Artmed, 2009.
- REIS, J.C.O. (Coord.). *Currículo Mínimo - Física*. Rio de Janeiro: Secretaria do Estado de Educação do Rio de Janeiro, 2012.
- SANCHES, M.B.; NEVES, M.C.D. *O Que Pensam Professores e Alunos a Respeito da Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio*. São Paulo: SBF, 2010.
- SANTOS, L. W. et al. (org.) *Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação*. Londrina: IAPAR, 2004.

SANTOS, P. O., BISPO, J. S., OMENA, M. L. O Ensino de Ciências Naturais e Cidadania sob a Ótica dos Professores do Programa de Aceleração da Aprendizagem. *Revista Ciências e Educação*. v. 11, n. 3, p. 411-42, 2005.

SILVA, N.C. Laboratório virtual de Física Moderna: Atenuação da radiação pela matéria. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 1206-1231, 2012.

SOUZA, S. C.; DOURADO, L. *Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)*: um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. Natal: Holos, 2015.

TAVARES, M. B. O Uso das Histórias em Quadrinhos no Contexto Escolar: contribuições para o ensino/aprendizado crítico-reflexivo. *Revista Linguasagem*. 16. ed. Set. 2011.

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

TERRAZAN, E. *Perspectivas para inserção da Física Moderna na escola média*. Tese de doutorado. 241 fl. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2004.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. *Física Ciência e Tecnologia: Eletromagnetismo, Física Moderna*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010. v. 3.

VALENTE, L. *et al. Física Nuclear: caminhos para a sala de aula*. São Paulo: SBF, 2008.

VASCONCELLOS, E. S.; SANTOS, W. L. P. *Educação Ambiental por Meio de Tema CTSA: relato e análise de experiência em sala de aula*. Curitiba: UFPR, 2008.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Física IV: ótica e Física Moderna*. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Produto Educacional.



**A Problematização no Ensino
de Radioatividade em Nível**

Davson José da Silva

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE



Autor:

Davson José da Silva

Orientadoras:

Prof^a Renata Lacerda Caldas

Prof^a Cristine Nunes Ferreira

Mestrado Nacional de Ensino de Física (MNPEF)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense)

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

2018

Apresentação

Caro professor,

Esse material, denominado ***No Caminho da Radioatividade***, foi estruturado como uma sequência didática que aborda conteúdos pertinentes à Física Nuclear e Radioatividade em nível médio.

Toda sequência didática foi planejada e aplicada com base em um ensino não tradicional, subsidiado pelas Teorias da Aprendizagem Significativa (TAS) e dos Modelos Mentais (TMM) tendo um foco na problematização como agente investigador da curiosidade e da aprendizagem.

A elaboração deste material foi realizada observando as habilidades e competências encontradas no Currículo Mínimo do estado do Rio de Janeiro para os conteúdos aqui destacados.

Esta sequência didática é parte integrante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) do polo 34 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense).

Davson José da Silva

Sumário

Introdução	4
Informações Preliminares	5
1. Estudo da Radioatividade	8
2. A Radioatividade na História	16
3. Acidentes Radioativos	22
4. Radioatividade e Meio Ambiente	28
5. Mitos e Verdades sobre a Radioatividade	34
6. Representações com uso de Simuladores	39
7. Partículas Elementares	43
8. Apresentação de Esquetes	47
9. Elaboração de um Mapa Concetual	51
Referências	53

Introdução

Ao longo da história observamos melhorias que só foram possíveis por causa do estudo das Ciências, e hoje não conseguimos sequer imaginar como seria a nossa vida sem elas.

Avanços científicos e tecnológicos cada vez mais presentes na vida de alunos e professores confirmam essa importância.

Você por acaso já imaginou como seria a sua vida sem fenômenos relacionados à radioatividade? Não? Pois depois deste estudo suas concepções serão reformuladas e também a forma como vê o mundo.

No Caminho da Radioatividade abordada os conteúdos de Radioatividade e Física Nuclear que são exemplos de tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC). O objetivo deste estudo é contribuir com o estudo da, principalmente aqueles relacionados com a Física Nuclear, e assim formar indivíduos mais preparados intelectualmente e de pensamento crítico.

Nesse caminho, utilizaremos como a ferramenta de aprendizagem a problematização e uma sequência didática com atividades diferenciadas como experimentos, simulações computacionais, teatro, jogos, mapas conceituais, etc.

Informações Preliminares

A elaboração desta sequência didática teve como fundamento a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. Esta teoria é pertencente ao construtivismo, corrente filosófica que acredita ser a apropriação do conhecimento fruto da interação entre a nova informação apresentada àquela que já pertencente ao indivíduo (MOREIRA, 2006; POZO; GOMEZ CRESPO, 2009).

Como ferramenta de ensino foi escolhida para esse trabalho o método da *Problem-Based Learning* (PBL) ou Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), onde o professor assume a função de mediador da aprendizagem e o aluno é desafiado a desenvolver a habilidade de pensamento crítico, de análise e de usar recursos de aprendizagem para solucionar os problemas de forma integrada e organizada (MOREIRA, 2006).

Utilizou-se também neste trabalho a Teoria dos Modelos Mentais (TMM) proposta por Johnson-Laird com o objetivo de verificar e avaliação a evolução dos modelos mentais dos alunos e assim buscar indícios que apontem para uma aprendizagem mais significativa.

Sequência Didática

Esta sequência didática possui de 9 (nove) etapas investigativas que compreende a um bimestre e explora os temas Radioatividade e Física Nuclear.

O Quadro 1 traz um resumo das atividades e os objetivos de cada um dos encontros oportunizadores de aprendizagem.

“Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fato isolado mais importante que informação na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso nos seus ensinamentos”.

David Ausubel

10/1918 – 07/2008

Quadro 1 – Sequência Didática pertencente ao segundo momento desta pesquisa

	Etapa	Objetivo
1	Introdução ao Conteúdo: Radioatividade	Coletar dados a fim de identificar os conhecimentos prévios dos alunos.
2	A Radioatividade na História	Conhecer os marcos históricos, personagens e suas contribuições. Avaliar conhecimentos iniciais sobre elemento radioativo por meio de MC e produção textual
3	Acidentes com Produtos Radioativos	Identificar radioatividade nos processos e as consequências dos acidentes. Avaliar criticidade sobre questões ambientais (CTSA).
4	Radioatividade e Meio Ambiente	Desenvolver a percepção da radioatividade nos fenômenos naturais. Avaliar comparativamente os resultados teóricos e práticos (gráfico) sobre meia- vida.
5	Mitos e Verdades sobre Radioatividade	Compreender a influência da radioatividade na vida das pessoas. Avaliar conhecimentos adquiridos até o momento (jogo).
6	Representação da Física Nuclear em Simuladores	Representar dos fenômenos radioativos por meio de simuladores. Avaliar comparativamente os resultados teóricos sobre decaimentos.
7	Física Nuclear e Partículas Elementares	Ampliar o conhecimento do educando acerca do mundo das partículas. Avaliar conhecimento sobre modelo padrão (partículas) por meio de atividade lúdica e MC.
8	Apresentação de Esquetes / Videos sobre Radioatividade	Desenvolver a criatividade que auxilia no aprendizado do conteúdo. Avaliar os conhecimentos mais gerais por meio da verbalização.
9	Elaboração de Mapa Conceitual	Avaliar conhecimentos adquiridos e os modelos mentais comparando aos analisados.

Fonte: o autor, 2018.

Estrutura de apresentação das etapas

Estudo da Radioatividade

1.

Esta etapa tem como objetivo: a coleta dados dos conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema radioatividade; a estimulação da atenção e curiosidade dos alunos; promover as primeiras orientações sobre a elaboração de mapas conceituais.

Questão problematizadora:

- Porque as pessoas tem tanto medo da Radioatividade?

Conteúdos:
Radioatividade (concepções prévias); Mapa conceitual.

Atividades propostas:

- 1) Apresentação da proposta e objetivos do curso e organização das atividades.
- 2) Aplicação de um questionário de verificação das concepções prévias dos alunos.
- 3) Perguntas e Respostas sobre Radioatividade.
- 4) Elaboração de Mapas Conceituais (Aula 1)

Duração:
2 horas/aula.

7

Objetivos e informações gerais sobre a etapa investigativa.

Questões problematizadoras que serão respondidas no final da cada etapa.

Conteúdos ministrados durante a execução da etapa.

Atividades propostas utilizando recursos variados para alcançar os objetivos previstos.

Obs: nas páginas seguintes as atividades são descritas de forma mais detalhada.

Questões problematizadoras

Cada etapa traz no seu corpo pelo menos uma questão problematizadora com a qual os alunos devem interagir ainda no início da aula, pois a função destas questões é despertar a curiosidade e conduzir todo processo de aprendizagem. Esta problemática deve ser resolvida ao longo da aplicação das atividades da etapa em questão.

Dentre as atividades que compõe cada etapa investigativa, iremos propor uma que julgamos já ter o aluno a capacidade para expressar suas hipóteses de solução da problemática, porém fica a cargo do professor, de acordo com o andamento da aula, escolher o melhor momento para aplicar as atividades de avaliação.

Bom trabalho!



Estudo da Radioatividade



Esta etapa tem como objetivo: a coleta dados dos conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema radioatividade; a estimulação da atenção e curiosidade dos alunos; promover as primeiras orientações sobre a elaboração de mapas conceituais.



Questão problematizadora:

- Por que as pessoas tem tanto medo da Radioatividade?

Conteúdos:

Radioatividade (concepções prévias); Mapa conceitual.

Atividades propostas:

- 1) Apresentação da proposta e objetivos do curso e organização das atividades.
- 2) Aplicação de um questionário de verificação das concepções prévias dos alunos.
- 3) Perguntas e Respostas sobre Radioatividade.
- 4) Elaboração de Mapas Conceituais (Aula 1)

Duração:

2 horas/aula.

Atividade 1.

Apresentação da proposta e objetivos do curso e organização das atividades.

Esta atividade tem o objetivo de orientar os alunos sobre a proposta de aplicação deste produto educacional e a organização das atividades.

Para alcançar um bom resultado, os alunos devem conhecer a metodologia utilizada na ministração do conteúdo, os passos que serão seguidos, a importância da participação na realização das atividades e constante postura crítica em cada etapa.

Vale lembrar que cada aula traz subsídios para a realização das atividades em curso e das posteriores, e que as manifestações em cada atividade servirão de subsídios para avaliação dos modelos mentais.

Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)

É um método da aprendizagem onde o professor assume a função de mediador e o aluno é desafiado a desenvolver habilidades de pensamento crítico, análise e utilizar recursos de aprendizagem para solucionar os problemas de forma integrada e organizada.

É uma forma de aprendizado que estimula a pró-atividade e o aprimoramento pessoal em um grupo acadêmico por meio de discussões profundas de casos interdisciplinares.

Nesta sequência didática, a ABP é constituída por quatro etapas:

1ª. Etapa: Escolha de uma problemática pertinente ao contexto do aprendiz, para que a identificação imediata promova a interação com a atividade proposta.

2ª. Etapa: De posse da problemática, os aprendizes iniciam o processo de organização do contexto, buscando o aprofundamento do conhecimento. Esta etapa segue com discussões e planejamento das investidas para chegar à solução dos problemas propostos.

3ª. Etapa: Com outros recursos fornecidos pelo professor, os aprendizes se apropriam das informações por meio de leitura, análise crítica e todos os recursos à sua disposição para levantar as hipóteses de solução.

4ª. Etapa: Elaboração de conclusões e reflexões, apresentação dos resultados.

(SOUZA; DOURADO, 2015).



Atividade 2.

Aplicação de um questionário de verificação das concepções prévias dos alunos.

Esta atividade tem como objetivo principal o conhecimento das concepções prévias dos alunos, utilizando para tanto um questionário com questões objetivas e subjetivas.

Por meio dele é possível mensurar e qualificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos temas a serem trabalhados, com a possibilidade dar mais ênfase ou suplementar uma ou outra etapa desta sequência.

O Questionário Inicial deve ser reproduzido e distribuído aos alunos que devem ser orientados a responder as questões da forma que mais adequada naquele momento, sem a preocupação de errar ou acertar.

Observação: até este momento não existem respostas corretas ou erradas, o que se procura com essa atividade é conhecer o que o aluno “sabe” para decidir sobre o foco das atividades nos passos seguintes.

De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), o fator mais importante e que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe sobre determinado assunto.

Este aspecto preexistente na estrutura cognitiva do aprendiz é o que a TAS define como subsunçor ou ideia-âncora.

Subsunçor

É um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva do aprendiz que serve de “âncoradouro” a uma nova informação, permitindo ao indivíduo atribuir-lhe significado.

Conforme a nova informação vai se ancorando em subsunçores relevantes, estes são alterados.



QUESTIONÁRIO INICIAL

1) Quando se quebra um pedaço de madeira, cada parte também é madeira. Se continuássemos dividindo essa madeira até chegar ao limite de não poder mais, o material continuaria sendo madeira? Qual é a composição da madeira? Se não continuar sendo madeira se transformou em que?

2) Qual a menor unidade que constitui a matéria? Qual é o seu formato?

3) Qual das figuras abaixo você acredita que tenha relação direta com o risco radioatividade?



4) No cenário energético mundial as Usinas Nucleares são muito importantes. Nelas, as reações nucleares e a aplicação direta das propriedades da radioatividade, são comuns e necessárias.

A Radioatividade também pode ser utilizada no(a):

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| () Conservação de alimentos | () Tratamento de câncer |
| () Forno Micro-ondas | () Tratamento de água |
| () Aparelho de Raio X | () Fabricação de Bombas |

5) É comum ouvir pessoas dizendo que a radioatividade pode causar câncer, porém é mais comum ouvi-las dizendo que a radioatividade está sendo utilizada para curar o câncer. Quem está falando a verdade? Como pode ser possível duas afirmações distintas sobre o mesmo tema?

6) Você acredita que o contato com material Radioativo pode dar ao indivíduo superpoderes?

- () Sim () Não () Talvez

Por que? _____

7) Há um medo global dos efeitos da radioatividade. Você acredita que em Campos dos Goytacazes exista algum risco de ter algum acidente com produtos radioativos?

() Não. Por que? _____

() Sim. Qual e como poderia ser esse acidente? _____

8) No verão sempre se fala em tomar cuidado com a pele por causa da radiação que pode causar o câncer de pele. Existe alguma relação da radioatividade com a radiação? Justifique suas respostas.

Atividade 3.

Perguntas e Respostas sobre Radioatividade.

Esta atividade também tem como objetivo identificar as concepções prévias dos alunos por meio da explicitação de seu modelo mental de trabalho (memória de curto prazo).

Como ainda não foram ministrados conteúdos, pressupõe-se que as respostas do aprendiz serão fruto das informações que eles já possuem sobre o assunto.

Preparação

Para essa atividade serão necessários:

- um recipiente para acondicionar as perguntas que serão sorteadas pelos alunos;
- as perguntas devidamente separadas e dobradas.

Nesta atividade, os alunos são divididos em duplas ou trios, segundo o quantitativo de alunos na turma.

Execução

Representando o grupo, cada aluno retira uma pergunta do recipiente, lê, discute com os parceiros e responde.

O professor deve criar novos questionamentos a partir da resposta de cada aluno, incentivando a discussão e a participação dos grupos.

Obs: ainda não há respostas certas ou erradas, pois esta atividade também é de coleta de dados, o intuito é despertar a curiosidade e o interesse.

O professor pode propor aos grupos que tentem formular hipóteses para responder à questão problematizadora inicial.

As soluções da problemática inicial devem ser guardadas como parâmetro para comparação dos modelos mentais do aluno ao longo das etapas investigativas.

Sobre qual país foi lançada a 1ª bomba atômica?	Quais países possuem bomba atômica?
Existe algum alimento que possa ter uma radiação tão alta que dê pra medir o seu valor?	Como se chama o tratamento médico que utiliza a radioatividade?
Cite uma utilização pacífica para a radioatividade.	Radiação e radioatividade é a mesma coisa?
A energia proveniente do sol é resultado da união de dois átomos que forma outro diferente?	A radiação do forno de micro-ondas provoca câncer?
Angra dos Reis possui três usinas nucleares?	O que acontece quando uma bomba atômica 'explode'?
A radiação do celular pode causar câncer?	O Brasil possui bomba atômica?
O raio β não consegue atravessar a pele?	O raio α não consegue atravessar a pele?
É possível que um acidente com produto radioativo aconteça em Campos dos Goytacazes-RJ?	Qual é a menor unidade da matéria?
É possível adquirir superpoderes no contato com produtos radiativos?	O raio γ não consegue atravessar a pele?
A bomba atômica e a usina nuclear utilizam o mesmo elemento químico?	Uma pessoa exposta à radiação passa a ser radioativa também?
Todo dia recebemos uma radiação que corresponde a fazer 10 chapas de raio X?	Por que grávidas devem evitar exposição ao raio X?

Atividade 4.

Elaboração de Mapas Conceituais (Aula 1)

Nesta primeira aula serão trabalhados os aspectos das proposições no Mapa Conceitual, ou seja, a utilização de termos de ligação entre dois conceitos para expressar claramente a relação conceitual.



Termo de ligação são expressões utilizadas para unir conceitos e expressar claramente uma relação conceitual que evidencie uma proposição.

Os alunos devem ser orientados a destacar conceitos relacionados ao tema e, a cada dois, estabelecer relação utilizando termos de ligação.

O Mapa Conceitual (MC) é uma ferramenta que permite organizar e representar, graficamente e através de um esquema, o conhecimento. Nele, um conceito é representado por meio de relações com outros conceitos através de proposições.

A criação de um MC obriga o aluno a relacionar conceitos, sendo considerado um método que gera aprendizagem ativa, pois permite resumi os principais conteúdos de um texto e organizar ideias.

O professor deve observar nesta etapa as informações que os alunos trazem a respeito do tema.

Estas informações podem influenciar as outras etapas, seja suprimindo ou suplementando as atividades.

O professor deve estar atento à proposta de ensino, sendo assim, todas as intervenções que se fizerem necessárias, devem ter um caráter problematizador.

A Radioatividade na História

2.

Deseja-se nesta atividade situar os alunos no contexto histórico mundial que foi preponderante para avanços significativos nos estudos da energia nuclear e, ao mesmo tempo, buscar nos educando uma interação humana e social com as causas e consequências das decisões tomadas naquele recorte histórico, tendo como foco de discussão a abordagem CTSA



Questões problematizadoras:

- Por que as pessoas criaram a bomba atômica?
- Como você avalia a participação do Einstein na construção da bomba atômica?
- Qual será o futuro da humanidade com a atual política armamentista?

Conteúdos:

História da Radioatividade.

Atividades propostas:

- 1) Apresentação de vídeo.
- 2) Leitura crítica da carta de Einstein.
- 3) Discussões.
- 4) Elaboração de Mapas Conceituais (Aula 2)

Duração:

2 horas/aula.

Atividade 1.

Apresentação de vídeo.

Einstein: Equação de Vida e Morte.

Disponível em: http://www.dailymotion.com/video/x1tua3i_einstein-e-sua-equacao-de-vida-e-morte-history-channel_school (acesso em Dez/2018).

EINSTEIN: EQUAÇÃO DA VIDA E DA MORTE

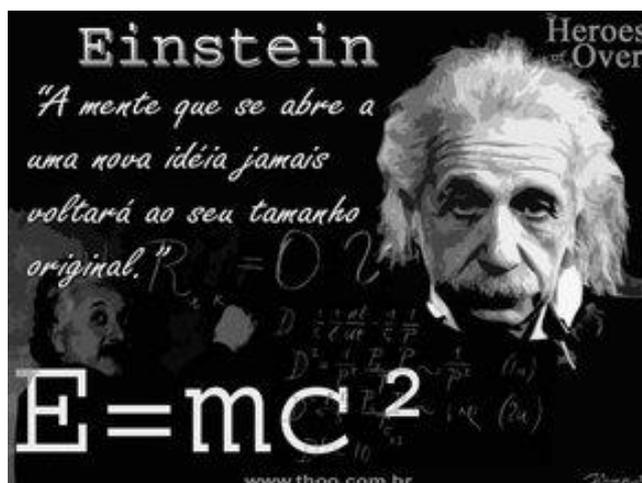
Duração: 00:44:00

Estréia: 27 de Abril de 2003



SINOPSE

Em 1939, às vésperas da 2ª Guerra Mundial, Albert Einstein escreveu uma carta ao presidente americano Franklin Roosevelt: "Senhor, o elemento urânio pode ser convertido em uma nova e importante fonte de energia no futuro imediato. Certos aspectos da presente situação parecem pedir cautela e se necessário uma rápida ação da parte do governo. Bombas extremamente poderosas de um novo tipo agora podem ser construídas". A carta tratava da uma aplicação da famosa equação de Einstein $E = MC^2$, e do medo de que os nazistas a usassem para construir a bomba atômica. Sua carta desencadeou uma série de fatos que levaram à destruição de Hiroshima e Nagasaki. Albert Einstein depois diria que escrever esta carta foi o grande erro de sua vida. Esta é a história da famosa equação e de como $E=MC^2$ mudou o curso da história e da vida de Einstein.



Atividade 2.

Leitura crítica da carta de Einstein.

Nesta atividade os alunos terão acesso ao compêndio da carta histórica que Einstein enviou para o presidente Roosevelt e que, possivelmente, iniciou a corrida americana da construção da bomba atômica.

Ali terão a oportunidade de conhecer a história e se posicionar criticamente sobre a ciência e as suas consequências.

Observação: A carta apresentada neste material é uma tradução livre do autor, com seleção de trechos que este julgou serem mais importantes para essa atividade.

A Carta original se encontra no ANEXO 1.

Albert Einstein
2 de Agosto de 1939

Franklin D. Roosevelt
Presidente dos Estados Unidos

Senhor:

Alguns trabalhos recentes realizados por Fermi e Szilard, me levam a crer que o elemento urânio possa se converter em uma nova e importante fonte de energia no futuro imediato. Porém alguns detalhes da produção requer vigilância. Por isso, acho que é meu dever chamar sua atenção para os seguintes fatos:

No curso dos últimos meses surgiram a probabilidade de que pudéssemos iniciar uma reação nuclear em cadeia com urânio, gerando enormes quantidades de potência. O que parece quase seguro é possível chegar a este objetivo no futuro imediato.

Este novo fenômeno poderia conduzir também à construção de bombas extremamente poderosas. Somente uma bomba desse tipo, levada por um barco, poderia destruir o porto e toda a área vizinha.

Em vista desta situação, você poderia pensar em contatar um grupo de físicos que trabalham em reações em cadeia nos Estados Unidos. Uma pessoa de sua inteira confiança poderia fazer este contato, com as seguintes funções:

- a) assegurar um fornecimento de urânio para os Estados Unidos.
- b) unir empresas e laboratórios para ter recursos financeiros para a pesquisa.

A Alemanha já tomou à força as minas de urânio da Checoslováquia e bloqueou a venda. Esta ação poderia ser entendida como uma tentativa de sair na frente replicando os trabalhos com urânio realizados nos Estados Unidos.

Sinceramente seu,
Albert Einstein

Atividade 3.

Discussões.

Aqui os alunos têm a oportunidades de discutir em seus grupos sobre as informações percebidas nas atividades anteriores.

Com base no material, os grupos deverão produzir um texto de aproximadamente 15 (quinze) linhas que responda às questões problemáticas iniciais.

Trata-se de um texto de estrutura livre, o que mais importa nesta atividade é desenvolver no aprendiz uma postura crítica que será necessária em outras etapas desta proposta didática.

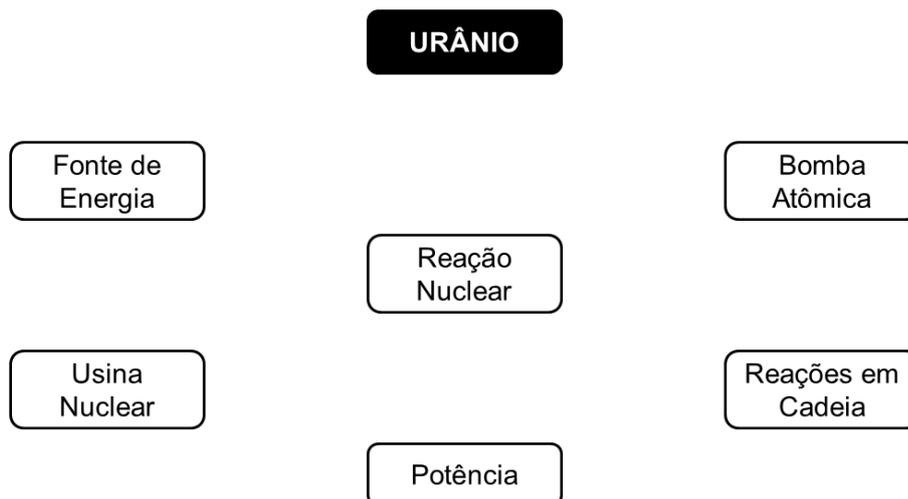
Atividade 4.

Elaboração de Mapas Conceituais (Aula 2).

Esta aula de MC tem como objetivo a criação de novas proposições, mas utilizando uma estrutura de MC.

Para tanto será utilizada como referência para a elaboração do mapa a carta escrita por Einstein e também o recurso de aprendizagem denominado Mapa Conceitual Semiestrutura (MCSE).

“O objetivo do MCSE é estimular um exercício de síntese pela seleção dos conceitos mais relevantes, sem restringir o número de proposições que o aluno pode elaborar” (AGUIAR; CORREIA, 2013, p. 150).



Os conceitos do MCSE foram retirados do texto seguindo a inferência existente e dispostos numa ordem radial aleatória, isso não impede que o professor (ou o aluno) acrescente outros conceitos ou mude a disposição dos conceitos apresentados.

Acidentes Radioativos



Esta etapa tem como objetivo trabalhar as questões relacionadas às causas e consequências dos acidentes radioativos, levando-se em conta os riscos econômicos, ambientais e sociais, Essa instrução está dentro dos princípios norteadores do enfoque CTSA para o ensino de Ciências de um modo geral.

Questões problematizadoras:

- É possível que ocorra um acidente radioativo aqui bem próximo de nós?
- Quais as consequências de um acidente com produtos radioativos?

Conteúdos:

Radioatividade Natural; Elementos radioativos; Transmutação; principais acidentes.

Atividades propostas:

- 1) Leitura de textos e reportagens sobre acidentes radioativos.
- 2) Produção de manifesto.
- 3) Aula expositiva.

Duração:

2 horas/aula.

CTS/CTSA
Ciência-
Tecnologia-
Sociedade-
Ambiente.
Proposta de
ensino que
surgiu pelo
agravamento
dos problemas
ambientais
causados após a
Segunda Guerra
Mundial, tendo
por objetivo
preparar os
alunos para o
exercício da
cidadania
através da
abordagem dos
conteúdos
científicos no
seu contexto
social

(SANTOS;
MORTIMER,
2002).

Atividade 1.

Leitura de textos e reportagens sobre acidentes radioativos..

Nesta atividade serão utilizadas reportagens/notícias de acidentes com produtos radioativos que ocorreram ao longo dos anos, dentre eles o de Goiânia em 1987, com o Césio-137.

A turma deve ser dividida em pequenos grupos para identificar nos textos lidos os pontos que serão compartilhados com os demais grupos.

É importante que os alunos tenham contato com textos jornalísticos que tratem dos assuntos estudados, pois isso provoca reflexão, trazendo para o seu cotidiano as informações percebidas em sala de aula.

Algumas das reportagens utilizadas:

1) **Acidente com Césio-137 em Goiânia.** Disponível em:

<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica>>

2) **Como o Brasil sofreu o pior acidente radioativo ocorrido fora de uma instalação nuclear no mundo.** Disponível em:

<<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2018>>

3) **5 acidentes radioativos recentes que chocaram o mundo e deixaram mortos.** Disponível em:

<<https://www.tecmundo.com.br/quimica/>>

4) **Notícias sobre Acidentes nucleares.** Disponível em:

<<https://exame.abril.com.br/noticias-sobre/acidentes-nucleares/>>

5) **A misteriosa nuvem radioativa que cobriu a Europa por mais de 15 dias.** Disponível em:

<<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-41955593>>

Atividade 2.

Produção de manifesto.

Este é um momento de discussões sobre os acidentes, onde cada grupo apresenta os elementos principais retirado do texto lido e todos, sob a mediação do professor, tem a oportunidade de compartilhar as informações percebidas.

No final desta atividade deve-se preparar um manifesto, em pequenos ou grandes grupos, sobre o posicionamento dos alunos quanto aos riscos observados nas reportagens.

Manifesto

É um gênero textual que consiste numa declaração pública, formal e persuasiva para transmitir de opiniões e ideias.

O manifesto é considerado uma importante ferramenta democrática, pois possibilita a expressão pública de assunto de cunho social, político, cultural ou religioso.

Estrutura do Manifesto

- Título;
- Identificação da problemática;
- Análise da problemática;
- Argumentação dos autores sobre o assunto;
- Apresentação de supostas soluções;
- Local, data e assinatura de todos os manifestantes.



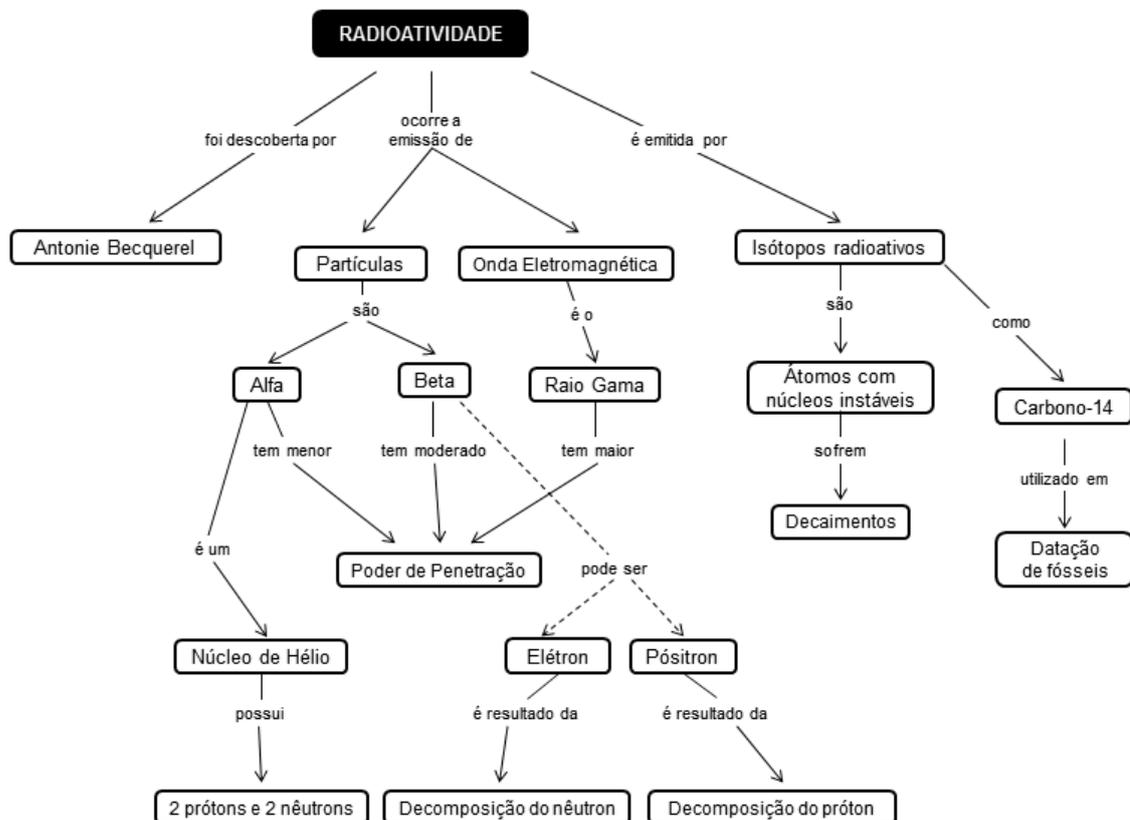
O professor pode incentivar os alunos a utilizar a resposta das questões problematizadoras como parte da problemática que exige a estrutura do manifesto, possibilitando assim uma análise mais crítica sobre as respostas dos alunos.

Atividade 3.

Aula expositiva.

Alguns aspectos e termos científicos da radioatividade são necessários para a continuidade do estudo, portanto esta aula expositiva, que trata das propriedades, relembra fatos e contextos históricos, define isótopos, faz referência às características dos átomos radioativos, os decaimentos e os aspectos concernentes à transmutação. O objetivo é introduzir os conceitos de decaimentos radioativos, caracterizando e diferenciando-os tanto pela natureza dos componentes emitidos, quanto pela utilização nas diversas áreas.

O conteúdo ministrado deverá ser disponibilizado na forma de MC, pois assim terão contato com um mapa estruturado, podendo compreender a sua funcionalidade como ferramenta de ensino e aprendizagem.



Slides da aula expositiva.



Física
Ensino Médio - 2º Ano
LEIS DA RADIOATIVIDADE

Radioatividade

RADIOATIVIDADE – RAIOS-X
Wilhelm Roentgen - descoberta dos raios-X em 5/11/1895
⇒ II Revolução Científica.
Raios-X - raios eletricamente neutros e invisíveis que atravessam papel, madeira e finas lâminas de metal.



Um forte feixe de elétrons (A) sai do cátodo e se choca contra o ânodo, produzindo um feixe de raios X (B).



Imagem: SEE-PE, Redesenhado a partir de ilustração de Autor Desconhecido.
Imagem: Wilhelm Roentgen / United States Public Domain.

Radioatividade

RADIOATIVIDADE – EMISSÕES ESPONTÂNEAS
Henri Becquerel (1896) - Estudo da luminescência ⇒ Descoberta de emissões espontâneas diferentes dos raios-X;
⇒ Violação da conservação da energia.



Fluorescência



Fosforescência

Imagem: Nipad314 / Creative Commons Attribution Share Alike 4.0 License
Imagem: Nabilg / et al / iStockphoto

Radioatividade

NATUREZA DA RADIOATIVIDADE
Marie Curie (em 16/12/1897) - uso do termo **radioatividade** (Nobel de Física)
⇒ Descoberta do **polônio** e do **rádio** (Nobel de Química)
Diferença entre a radioatividade e os raios-X:

- raios-x são produzidos quando uma substância (gás) é bombardeada;
- a radioatividade ocorre espontaneamente.

Radioatividade

RADIOATIVIDADE
Radioatividade ⇒ Está voltada para os fenômenos relacionados ao núcleo atômico;
Reação nuclear ⇒ Processo no qual o núcleo de um átomo sofre alguma alteração;
Nuclídeo ⇒ Nome dado a um núcleo caracterizado por um número atômico (Z) e um número de massa (A) → ${}_Z^AX^A$;
Radionuclídeo ou radioisótopo ⇒ Nuclídeo emissor de radiação.

Radioatividade

RADIAÇÕES α , β , γ

Emissão	Símbolo	Penetração	Ionização	Desvio
Alfa	${}_2\alpha^4$	Baixa	Alta	Pequeno
Beta	${}_{-1}\beta^0$	Alta	Média	Grande
Gama	${}_0\gamma^0$	Altíssima	Baixa	Não desvia

Radioatividade

EMISSÕES RADIOATIVAS

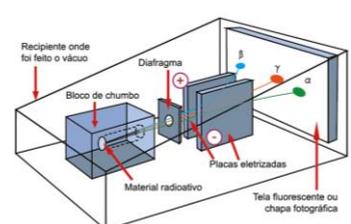


Imagem: SEE-PE, Redesenhado a partir de ilustração de Autor Desconhecido.

Radioatividade

PODER DEP

Materiais que protegem uma pessoa da radiação



Imagem: SEE-PE, Redesenhado a partir de ilustração de Autor Desconhecido.

As partículas Alfa são paradas por uma folha de papel, enquanto as partículas Beta só são paradas por uma placa de alumínio. Já as partículas de radiação Gama penetram a matéria, sendo paradas completamente por uma parede de chumbo de 4 metros de espessura.

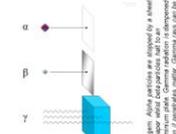


Imagem: SEE-PE, Redesenhado a partir de ilustração de Autor Desconhecido.

Radioatividade

REATOR NUCLEAR




Imagem: US Department of Energy / Public Domain

Imagem: Princeton Plasma Physics Laboratory / Creative Commons Attribution 3.0 license

Imagem: Commons Attribution 3.0 license

Dr. Norman Hilberry (esquerda) e Dr. Leo Szilard, em frente ao laboratório onde foi construído o primeiro reator nuclear durante a 2ª Guerra Mundial. Ambos trabalharam com o Dr. Enrico Fermi para conseguir a primeira reação de energia nuclear auto-sustentável, realizada em 02 de Dezembro de 1942 na Universidade de Chicago.

Vista externa do reator NSTX.

Radioatividade

BOMBA ATÔMICA

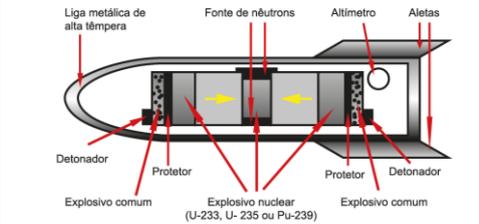


Imagem: SEE/FE, Redesenhado a partir de ilustração de Autor Desconhecido.

Radioatividade

ACIDENTES NUCLEARES...




Imagens: United States Department of Energy / Public Domain

Imagem: Commons Attribution 3.0 license

Imagem: Commons Attribution 3.0 license

28/Março/1979. Three-Mile Island - EUA

26/Abril/1986. Chernobyl - Ucrânia

Radioatividade

BRASIL NA ERA NUCLEAR




Imagem: Reuters / Creative Commons Attribution 3.0 license

Imagem: André Kuchery / OMI Free Documentation License

Imagem: Commons Attribution 3.0 license

RESERVAS BRASILEIRAS DE URÂNIO

Angra-I e II no Rio de Janeiro; e Reservas de urânio no Brasil.

Radioatividade

APLICAÇÕES DA RADIOATIVIDADE

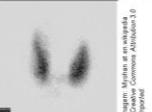



Imagem: Medical scan of lungs. Commons Attribution 3.0 license

Imagem: Mummified body of a woman. Commons Attribution 3.0 license

$${}^1_0\text{n} + {}^{12}_6\text{C} \rightarrow {}^{13}_6\text{C} + \text{p}$$

$${}^{13}_6\text{C} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + \text{e}^- + \bar{\nu}$$

① Mol ${}^{12}\text{C} = 10^5$ Mol ${}^{13}\text{C}$
 ② Mol ${}^{12}\text{C} > 10^5$ Mol ${}^{13}\text{C}$

Imagem: The physics of decay and origin of carbon 14 for the application dating. Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported, 2.5 Generic, 2.0 Generic and 1.0 Generic.

Radioatividade e Meio Ambiente



Esta etapa tem como objetivo a observação da radioatividade como um fenômeno da natureza, da organização natural; facilitação da aquisição de novos conceitos, permitindo a inter-relação crítica entre os fenômenos naturais e os modelos análogos.



Questões problematizadoras:

- Existe radioatividade nos produtos que consumimos?
- Se tem, será que isso não faz mal?

Conteúdos:

Constituição da matéria; Revisão de conteúdo.

Atividades propostas:

- 1) Pesquisa de curiosidades sobre a radioatividade natural.
- 2) Representação experimental da fosforescência.
- 3) Representação gráfica de meia-vida.

Duração:

2 horas/aula.

Atividade 1.

Pesquisa de curiosidades sobre a radioatividade natural.

Nesta atividade os alunos tem a oportunidade de identificar, por meio de simples pesquisas, a presença de elementos radioativos em objetos comuns no seu cotidiano.

É importante que essa atividade seja comunicada com antecedência e que neste momento da aula cada grupo apresente o resultado das suas pesquisas.

Preparação:

Os alunos serão divididos em grupos. Eles pesquisarão e prepararão uma breve apresentação por meio de cartazes (ou outro meio que o professor tiver a sua disposição) sobre a ocorrência de radioatividade nos produtos a seguir:

Água Mineral	Amendoim	Areia Monazítica
Banana	Batata	Carne
Castanha-do-Pará	Cenoura	Cerveja
Cigarro	Feijão-de-Lima	Granito

Observação:

Estes produtos possuem manifestações radioativas mensuráveis, em alguns caso, como a castanha-do-Pará, o valor é tão considerável que 100 g emite radiação equivalente a um Raio X dentário.

Dois aspectos são importantes nesta atividade, e que favorece a solução da problematização:

- * A identificação dos elementos químicos presentes em cada um destes alimentos radioativos, pois isso irá desmistificar a relação da radioatividade apenas ao elemento Urânio;
- * O professor tem a oportunidade de discutir a existência da radioatividade natural nos seres, utilizando o Carbono-14 como referência, ressaltando a sua importância na datação de fósseis.

Atividade 2.

Representação experimental da fosforescência.

Realizar experimentos com produtos radioativos é complicado por dois aspectos: riscos inerente ao manuseio deste material e a dificuldade de encontrar amostras com potencial educacional. Por isso recorre-se a simulações de propriedades radioativas, utilizando para esse fim materiais de uso cotidiano, mas com potencial educacional.

Esta representação experimental simula a propriedade da fosforescência dos elementos radioativos descoberta por Becquerel.

Materiais necessários:

- Luz negra;
- Sabão em pó;
- Caneta marca-texto;
- Vitamina B;
- Béquer.



Procedimentos:

1. Coloque água em um béquer;
2. Misture a ela um pouco de sabão em pó;
3. Exponha a mistura à luz negra e observe.
4. Repita os passos anteriores utilizando a parte interna da caneta marca-texto e, em outra testagem, a vitamina B macerada,

Comentários:

Estes produtos possuem substância que reagem à luz negra demonstrando a fosforescência, que é uma propriedade de elementos radioativos.

Vale lembrar que estes produtos não são radioativos, apenas foram utilizados neste experimento para simular uma propriedade que queremos evidenciar no nosso estudo.

Atividade 3.

Representação gráfica de meia-vida.

Durante o processo de desintegração radioativa, ocorre a emissão de partículas α ou β , a substância original transforma-se em outra diferente, com núcleo mais estável.

Essas mutações podem ser previstas a partir do conhecimento da natureza dos elementos e cálculos estatísticos.

Esta atividade busca trazer para um contexto prático os cálculos estatísticos que norteiam a propriedade da desintegração radioativa.

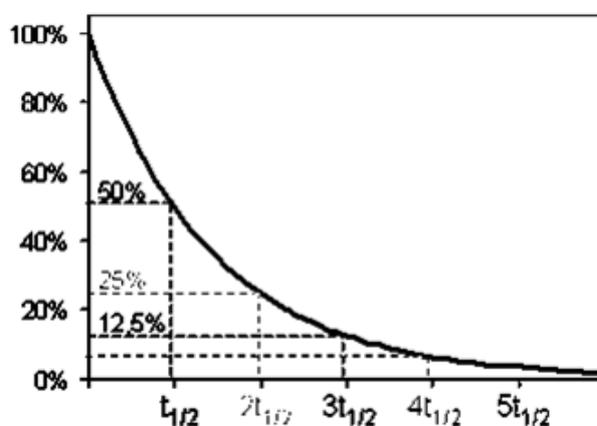
Desintegração radioativa

Toda desintegração radioativa envolve a emissão, pelo núcleo do átomo que se desintegra, de elétrons ou núcleos de hélio. Isso provoca uma redução no número de átomos originais.

A expressão que melhor representa a desintegração radioativa é:

$$I = I_0 e^{-\lambda t}$$

O que origina o gráfico:



Meia-vida ou semidesintegração é o tempo necessário para desintegrar a metade da massa de um radioisótopo, que pode ocorrer em segundos ou em bilhões de anos, dependendo do grau de instabilidade dele.

Representação gráfica de meia-vida.

Materiais necessários:

- 100 dados;
- Papel milimetrado
- Recipiente dos dados.



Procedimentos:

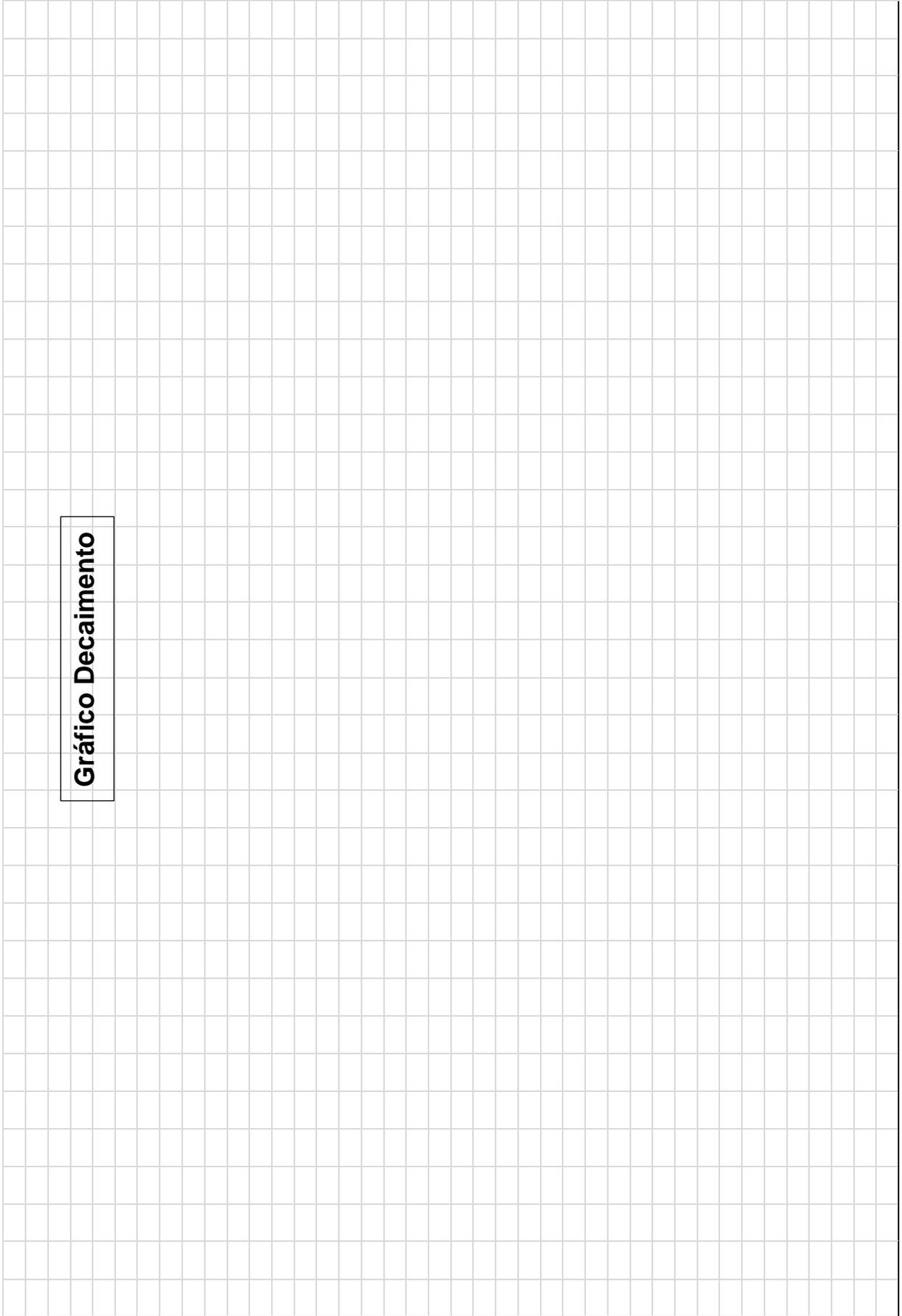
1. Lance todos os dados sobre uma superfície;
2. Separe todos aqueles que 'caírem' com a face 1 voltada para cima (esses serão os dados decaídos);
3. Repita os procedimentos anteriores até que todos os dados sejam retirados do jogo;
4. Alinhe os dados de acordo com a ordem que decaíram;
5. Monte o gráfico no papel milimetrado seguindo a quantidade de dados decaídos em cada uma das jogadas;
6. Compare o gráfico obtido com o gráfico de desintegração radioativa.

Comentários:

Troque os gráficos entre os grupos para que os alunos possam melhor formular as hipóteses de semelhança ou diferença com o gráfico da desintegração radioativa.

Unidade

Gráfico Decaimento



Tempo

Mitos e Verdades sobre a Radioatividade



O objetivo desta etapa é a compreensão da influência da radioatividade na vida das pessoas, seja relacionado ao contato físico ou aos mitos que permeiam a cultura popular; e desenvolver a criticidade dos alunos.



Questões problematizadoras:

- É possível adquirir superpoderes após um contato com produtos radioativos?
- Qual a influência da radioatividade sobre o organismo?

Conteúdos:

Conceitos de Radiação versus Radioatividade; Influência da radioatividade sobre o organismo.

Atividades propostas:

- 1) Leitura de Histórias em Quadrinhos (HQ) e apresentação de vídeos.
- 2) Atividade de avaliação: MITO ou VERDADE.
- 3) Elaboração de uma HQ sobre o tema.
- 4) Atividade sobre radiação eletromagnética.

Duração:

2 horas/aula.

Atividade 1.

Leitura de Histórias em Quadrinhos (HQ) e apresentação de vídeos.

Nesta etapa serão utilizados alguns trechos selecionados de HQs e vídeos que tratam do efeito da radioatividade nos seres vivos. Estes serão colocados à disposição dos alunos para que possam interagir com o material.

A literatura não formal, principalmente aquela presente nas HQs, nutrem a ideia de que o contato radioativo traz vários benefícios, dentre eles a manifestação de superpoderes.

É importante apresentar também em sala de aula estes textos para assim confrontar a ficção com a realidade e promover um debate crítico sobre os temas apresentados.

Atividade 2.

Atividade de avaliação: MITO ou VERDADE.

Nesta atividade o professor terá a oportunidade de avaliar os alunos em algumas questões que fizeram parte deste estudo de radioatividade.

Preparação:

Confecionar placas para todos os alunos em duas cores: verde e vermelha, contendo a inscrição MITO e VERDADE.



Execução:

O professor lê a afirmação e os alunos se manifestam levantando uma das placas: Verde (Verdade) se acredita ser essa informação verdade ou Vermelha (Mito) se for falsa.

Essa procedimento continua até que a última afirmação tenha sido proferida.

MITO ou VERDADE?

- 1) Qualquer nível de radiação faz mal à saúde.
- 2) Uma usina nuclear pode explodir como uma bomba atômica.
- 3) Num acidente com liberação de material radioativo, se trancar dentro de casa diminui o risco de contaminação.
- 4) As explosões solares são na verdade reações de fusão nuclear.
- 5) Uma pessoa que foi contaminada por radiação pode contaminar outra pessoa.
- 6) As usinas nucleares jogam o lixo radioativo na natureza.
- 7) Utilizar muito o micro-ondas pode provocar queda de cabelo.
- 8) Existem seres vivos que são imunes aos efeitos da radioatividade.
- 9) A radioatividade pode alterar o DNA e produzir anomalias genéticas.
- 10) Toda pessoa que faz radioterapia perde quase todo cabelo.

Atividade 3.

Elaboração de uma HQ sobre o tema.

Este é um momento de discussão sobre tudo o que foi observado na leitura.

Os alunos deverão produzir uma HQ que responda à problematização inicial.

Terão á disposição apenas quatro quadros para representar e sintetizar as informações que queiram passar para responder às questões.

Espaço para resposta da problematização.

O foco desta atividade não é a qualidade do desenho, mas a capacidade do aluno de gerar hipóteses para responder à problemática de forma crítica.

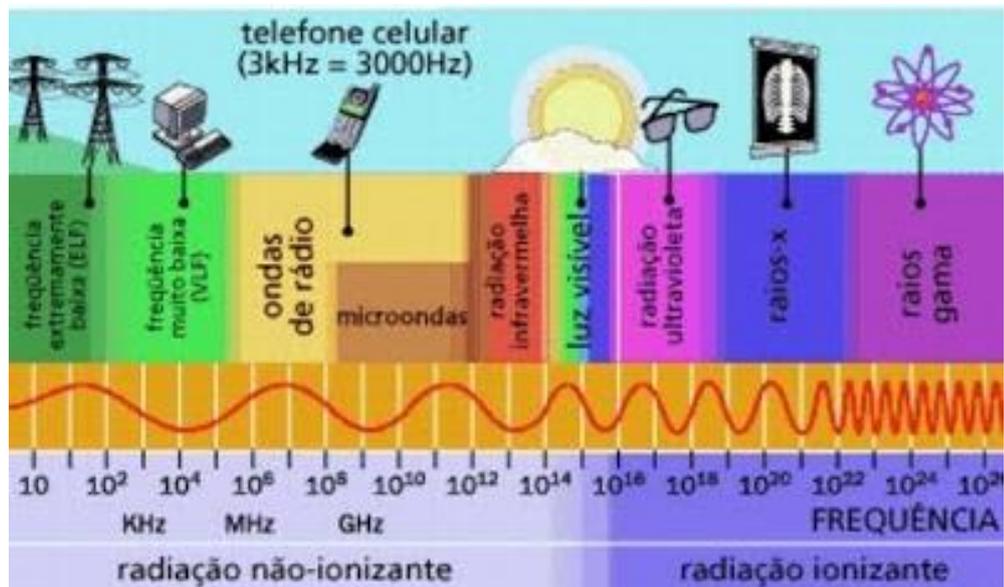
Atividade 4.

Atividade sobre radiação eletromagnética.

Esta etapa tem o objetivo de conceituar o espectro eletromagnético, radiação ionizante e não-ionizante, e radioatividade.

Para tanto, a sala será dividida em grupos. Cada um ficará responsável por trazer informações sobre uma parte do espectro eletromagnético. Os grupos apresentarão as informações coletadas e organizarão no quadro todo o espectro eletromagnético, o professor tem a oportunidade de problematizar as informações passadas e de complementar o conteúdo enquanto o espectro vai se formando.

A apresentação dos grupos será no 8ª etapa.



Representações com uso de Simuladores



Representação dos fenômenos radioativos por meio de simuladores.

Questões problematizadoras:

- Um elemento radioativo fica radioativo pra sempre?
- Quando a radioatividade acaba, o que acontece com o elemento químico?

Conteúdos:

Meia vida; decaimentos; reações em cadeia.

Atividades propostas:

- 1) Uso de simuladores.
- 2) Questões sobre as simulações.



Duração:

2 horas/aula.

Atividade 1.

Uso de simuladores

.No estudo da Física os simuladores virtuais são os recursos tecnológicos muito utilizados, pois permite fugir da forma tradicional de ensinar e também que os resultados sejam vistos com clareza, com um grande número de variáveis (COELHO, 2002).

Nesta atividade será utilizado de simuladores virtuais do *PhET*.

PhET

(*Physics Education Technology Project*) da Universidade do Colorado (EUA).

É um laboratório virtual que possui inúmeras simulações de experimentos científicos. Os simuladores são de fácil utilização e após baixados podem ser executados em computadores sem conexão com a internet.

Outra possibilidade é a instalação do aplicativo do *PhET* para smartphones, onde os simuladores são previamente selecionados e podem ser utilizados posteriormente no modo *off-line*.

Porém, para execução, os computadores precisam dispor do *software Java*, só assim o programa pode ser executado.

Simuladores na Física Nuclear

A utilização de Simuladores possibilita o estudo de temas relacionados à Física Nuclear que, por conta da sua natureza microscópica, dificilmente podem ser observados e demonstrados experimentalmente. Os simuladores representam ainda maior segurança e ludicidade no tratamento das informações



Conhecendo a radioatividade e as suas aplicações.

Pretende-se apresentar de forma clara e objetiva a formação dos diversos tipos de radiações e partículas nucleares, aprender a calcular o tempo de existência de um determinado fóssil ou minério através da técnica datação de radioisótopos.

<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/radioactive-dating-game>

Roteiro:

1. Acesse o simulador de datação de fóssil.
2. Existe uma aba chamada de DATING GAME. Ao clicar nela, você terá um detector de radiação (Geiger Muller) e várias camadas de solo. Em cada camada existirão fósseis, contendo C-14 e minérios, contendo U-238.
3. Para usar o detector, basta clicar e arrastá-lo até o objeto. Em seguida será informada a porcentagem na parte superior esquerda e ao lado do detector, você deverá digitar a datação. Se você digitar o tempo errado, aparecerá um erro em vermelho, e se digitar corretamente, aparecerá uma tela verde.z

Responda:

- 1) Por que são empregados o C-14 e o U-238 na datação de fósseis e minérios?
- 2) Em se tratando desses radioisótopos, porque não podem ser empregados na produção de energia?
- 3) O C-14 é emissor beta. Pesquise outros radioisótopos, também emissores betas, que são aplicados em outras áreas..
- 4) Os átomos de U-238 são emissores de que tipo, faça o esquema de decaimento e compare com o do C-14?



Observando o decaimento radioativo beta por meio de um simulador.

Nessa atividade os alunos poderão observar o fenômeno do decaimento radioativo beta utilizando um simulador e, dessa forma, simular o comportamento de diferentes elementos químicos.

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/beta-decay

Roteiro:

1. Acesse o simulador de decaimento radioativo.
2. Selecione a aba “Vários átomos” do simulador. Observe no menu da direita os elementos químicos disponíveis para simulação. Selecione nesse menu o hidrogênio-3 (Trítio) e estime, na figura no topo da janela, a meia-vida desse elemento em anos.
3. Descubra como funciona o “balde de átomos” no canto inferior direito do simulador e faça uma simulação de desintegração do carbono-14 para uma quantidade de 30 átomos.

Responda:

- 1) Qual o valor da meia-vida que encontrou para o trítio?
- 2) Use o balde de átomos e repita a simulação mais duas vezes. A maior parte dos átomos desintegrou-se antes ou depois do tempo de meia-vida?
- 3) Faça três simulações seguidas escolhendo diferentes quantidades iniciais de átomos e observe novamente a quantidade de átomos que se desintegram até o tempo de meia-vida.
- 4) Você diria que a forma do gráfico de decaimento desses dois elementos dessa simulação se parece com a forma do gráfico que foi traçado na atividade da aula anterior?

Partículas Elementares



Deseja-se com estas atividades ampliar o conhecimento do educando acerca do mundo das partículas, despertando a atenção e a curiosidades para os fenômenos quânticos.

Questões problematizadoras:

- Do que a matéria é feita?
- Existe alguma coisa menor que o átomo?

Conteúdos:

Física Nuclear; Forças Nucleares; Partículas Elementares.



Atividades propostas:

- 1) Apresentação de vídeo.
- 2) Reconstrução do núcleo de átomos.
- 3) Elaboração de Mapas Conceituais.

Duração:

2 horas/aula.

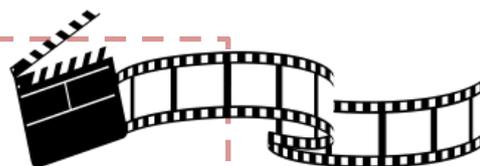
Atividade 1.

Apresentação de vídeo.

O Discreto Charme das Partículas Elementares

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2pfEwQq4pzE> (acesso em Dez/2018).

O DISCRETO CHARME DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES



Duração: 00:44:24

Estréia: 27 de Abril de 2003

SINOPSE

Este vídeo foi reproduzido na TVCultura. As principais referências sobre a produção do vídeo constam nele. Reconheço não possuir direito de autoria sobre o vídeo, ele consta neste canal apenas para fins de estudo de turmas de ciências, com as quais trabalho.

Os principais assuntos tratados são: Partículas Elementares, LHC, Modelo Padrão, Teoria de Big Bang, Bóson de Higgs e Modelo Atômico.



Atividade 2.

A Reconstrução do núcleo de átomos.

Esta atividade trabalha com os conceitos dos *Quarks* e tem o objetivo de fixação de conteúdo, assim, propõe aos alunos a reconstruir núcleos de alguns átomos, utilizando *quarks*.

Nessa atividade utilizará “bolinhas” de cores diferentes para representar os *Quarks Up* e *Down*, que serão unidos por palitos.

Obs: as “bolinhas” podem ser festas de papel, massa de modelar, isopor, etc..

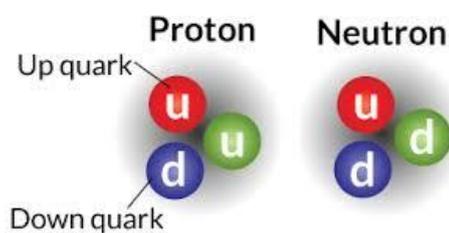


Partículas Elementares

São partículas que não possui nenhuma subestrutura.

Os átomos possuem partículas menores conhecidas como elétrons, prótons e nêutrons.

Os prótons e nêutrons, por sua vez, são compostos de partículas mais elementares conhecidas como quarks.



Atividade 3.

Elaboração de Mapas Conceituais

Nesta atividade os alunos irão elaborar um MC com base nas informações percebidas na aula de Física de Partículas, buscando inter-relacionar os conceitos.

Outras fontes de pesquisas que complementem as informações sobre a Física Nuclear

Após a elaboração do MC, o professor terá a oportunidade de complementar o assunto por meio de uma apresentação oral.

Modelo Padrão

massa →	≈2.3 MeV/c ²	≈1.275 GeV/c ²	≈173.07 GeV/c ²	0	≈126 GeV/c ²
carreg →	2/3	2/3	2/3	0	0
spin →	1/2	1/2	1/2	1	0
	u up	c charm	t top	g glúon	H bóson de Higgs
QUARKS	≈4.6 MeV/c ²	≈95 MeV/c ²	≈4.18 GeV/c ²	0	
	-1/3	-1/3	-1/3	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	d down	s strange	b bottom	γ fóton	
	0.511 MeV/c ²	105.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²	9.12 GeV/c ²	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	e elétron	μ múon	τ tau	Z bóson Z	
LÉPTONS	<2.2 MeV/c ²	<0.17 MeV/c ²	<15.5 MeV/c ²	80.4 GeV/c ²	
	0	0	0	±1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	ν_e neutrino do elétron	ν_μ neutrino do múon	ν_τ neutrino do tau	W bóson W	
					BÓSONS DE CALIBRE

Apresentação de Esquetes



O objetivo desta etapa é o desenvolvimento da criatividade que auxilia no aprendizado do conteúdo.

Questões problematizadoras:

- Por que as pessoas tem tanto medo da Radioatividade?
- Qual a diferença entre Radiação e Radioatividade?

Conteúdos:

Revisão de Conteúdo.



Atividades propostas:

- 1) Apresentação de trabalhos: espectro eletromagnético.
- 2) Apresentação de trabalhos: radioatividade.

Duração:

2 horas/aula.

Atividade 1.

Apresentação de trabalhos: espectro eletromagnético

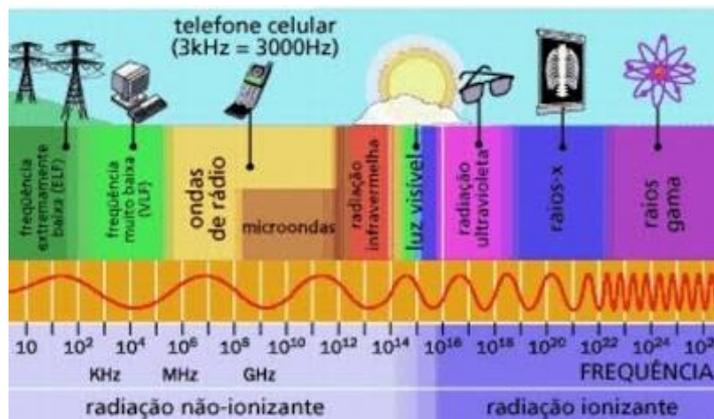
O objetivo desta atividade é relacionar/diferenciar os conceitos de radiação e radioatividade, dotar o aprendiz de informações argumentativas sobre o tema.

Os grupos irão apresentar as conclusões das suas pesquisas sobre a faixa do espectro escolhida no 5º momento.

Antes das apresentações cada aluno receberá uma bateria de questões relacionadas ao tema que serão respondidas ao longo das apresentações.

A apresentação durará no máximo 5 (cinco) minutos e será informativa.

Espectro Eletromagnético.



Responda:

1) O micro-ondas pode causar algum tipo de câncer? Justifique.

2) Podemos cozinhar alimentos utilizando ondas de rádio? Justifique.

3) Quais faixas do espectro podem causar câncer? Como chegou a essa conclusão?

4) Quais são as diferenças entre Raio X e Raio gama?

5) Qual é a diferença entre Radiação e Radioatividade?

Atividade 2.

Apresentação de trabalhos: radioatividade

Os alunos serão divididos em grupos, onde prepararão uma breve apresentação por de esquetes ou vídeos sobre o que foi trabalhado neste projeto, cada grupo encenará passagens correlacionadas com o tema radioatividade e Física Nuclear.

O objetivo desta apresentação é responder à problemática inicial: Por que as pessoas tem medo da radioatividade?

Junto à apresentação os grupos devem entregar o roteiro da representação contendo, dentre outras coisas, o objetivo e a justificativa da escolha do trecho representado.

Observação: caso o grupo opte por fazer um vídeo, é preciso observar a compatibilidade da mídia com o sistema operacional utilizado na tecnologia de projeção.

Elaboração de um Mapa Conceitual



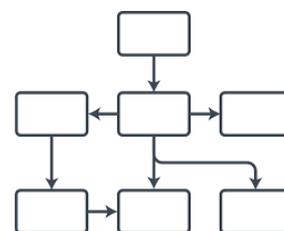
Coletar dados para análise de inícios de aprendizagem significativa.

Questões problematizadoras:

- Por que as pessoas tem tanto medo da Radioatividade?
- Qual a diferença entre Radiação e Radioatividade?

Conteúdos:

Revisão geral.



Atividades de Avaliação:

Elaboração de Mapas Conceituais.

Duração:

2 horas/aula.

Atividade 1.

Elaboração de Mapas Conceituais

Esta é uma atividade de avaliação.

Os alunos reunidos em seus respectivos grupos elaboraram MC, relacionando os conceitos dos conteúdos trabalhados ao longo da aplicação da proposta.

Para Aguiar & Correia (2013) dominar a técnica de construção de MC possibilita a organização e representação do conhecimento em alto nível, o que propicia a AS.

Ainda, segundo os autores, “o sucesso na utilização dos MCs como uma estratégia inovadora em sala de aula depende de um período de treinamento na técnica, que deve envolver professores (primeiro) e seus alunos (depois)”. (AGUIAR; CORREIA, 2013, p. 156).

Durante a realização das etapas foram realizadas atividades que possibilitassem aos alunos o treinamento necessário para a elaboração do MC para esta avaliação final.

Referências

AULER, D.; BAZZO, W.A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. São Paulo, 2001

DE AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. v. 13, n. 2, 2013.

HALLIDAY, D.; RESNICK, J. W. Fundamentos da Física. Óptica e Física Moderna. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. V. 4.

LOPES, J. L. A Estrutura Quântica da Matéria: Do átomo pré-socrático às partículas elementares. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2005.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; GUIMARÃES, C. Física: Contextos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2017.

MOREIRA, M. A. Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo: subsídios teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. Porto Alegre: UFRS, 2009.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. *Revista Chilena de Educação Científica*, v. 4, n. 2, p. 38-44, 2005.

OLIVEIRA, M. T. Considerações sobre a metáfora, a analogia e a aprendizagem em ciência. *Revista de Educação*, v. 9, n.2, São Paulo, Abr. 2000.

OLIVEIRA, V. M. C.; OLIVEIRA, V. L. B. O Livro Didático de Ciências e a Problematização. São Paulo, 2008.

REIS, J.C.O. (Coord.). Currículo Mínimo - Física. Rio de Janeiro: Secretaria do Estado de Educação do Rio de Janeiro, 2012.

SANTOS, W.L.P., MORTIMER, E.F., Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade) no contexto da educação brasileira. *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências*, v.02, n. 2, Dez/2002

SILVA, N.C. Laboratório virtual de Física Moderna: Atenuação da radiação pela matéria. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 1206-1231, 2012.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. Física Ciência e Tecnologia: Eletromagnetismo, Física Moderna. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010. v. 3.

VASCONCELLOS, E. S.; SANTOS, W. L. P. Educação Ambiental por Meio de Tema CTSA: relato e análise de experiência em sala de aula. Curitiba: UFPR, 2008.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R A. Física IV: ótica e Física Moderna. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

ANEXO 1. Carta Histórica de Albert Einstein ao presidente Franklin D. Roosevelt

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Hassau Point
Peconic, Long Island

August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,
President of the United States,
White House
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E. Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

-2-

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

b) to speed up the experimental work, which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsäcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,

A. Einstein

(Albert Einstein)

2/2

Fonte: André Luiz <<http://segundaguerra.net/carta-de-albert-einstein-a-roosevelt/>>,2018.

ANEXOS

ANEXO A – Pesquisa sobre Radioatividade aplicada em 2017 para alunos do EM.



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE**



SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Qual(is) das figuras abaixo você acredita que tenha relação direta com o risco radioatividade?











A Radioatividade pode ser utilizada no(a):

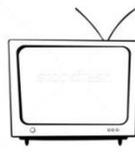
<input type="checkbox"/> Fabricação de Bombas	<input type="checkbox"/> Aparelho de Raio X
<input type="checkbox"/> Foguete (Combustível)	<input type="checkbox"/> Conservação de alimentos
<input type="checkbox"/> Produção de eletricidade	<input type="checkbox"/> Tratamento de câncer
<input type="checkbox"/> Forno Microondas	<input type="checkbox"/> Tratamento de água

A Fusão Nuclear é um fenômeno que está presente em qual das figuras representadas abaixo?









Você acredita que em Campos dos Goytacazes exista algum risco de ter algum acidente com produtos radioativos?

Sim Não Talvez

Por que? _____

De modo geral a Radioatividade é:

Boa Ruim Não sei Algumas vezes boa e outras ruim

Você acredita que o contato com material Radioativo pode dar ao indivíduo superpoderes?

Sim Não Talvez

Por que? _____

Você gostaria de conhecer mais sobre a radioatividade?

Sim Não Talvez

Por que? _____

ANEXO B – Carta Histórica de Albert Einstein ao presidente Franklin D. Roosevelt

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Nassau Point
Peconic, Long Island

August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,
President of the United States,
White House
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E. Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

-2-

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

b) to speed up the experimental work, which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsäcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,

A. Einstein

(Albert Einstein)

2/2

ANEXO C – Modelo Padrão das Partículas Elementares.

ESTRUTURA ELEMENTAR DA MATÉRIA

PARTÍCULAS MEDIADORAS

Interação Eletromagnética	
FÓTON	
Interação Fraca	
W⁺	W⁻
Interação Forte	
GLÚON	
Interação Gravitacional	
GRÁVITON	

QUARKS

u up	d down	c charm	s strange	t top	b bottom
----------------	------------------	-------------------	---------------------	-----------------	--------------------

LÉPTONS

ν_e neutrino e	e elétron	ν_μ neutrino μ	μ muon	ν_τ neutrino τ	τ tau
------------------------------------	---------------------	------------------------------------	------------------	------------------------------------	-----------------

Terra (~10⁷ m)

Maçã (~10⁻² m)

Cristal (~10⁻⁸ m)

Átomo (~10⁻¹⁰ m)

Núcleo (~10⁻¹⁵ m)

Próton (~10⁻¹⁶ m)

Nêutron (~10⁻¹⁶ m)

Quarks (<10⁻¹⁶ m)

Glúon

Léptons

Léptons são partículas que interagem por meio das interações eletromagnética e fraca. Há três famílias de léptons, cada uma composta por um lépton carregado, que interage eletromagnética e fracamente, e por um neutrino, que interage apenas fracamente.

Os **elétrons (e)** são estáveis e compõem a eletrosfera que envolve o núcleo dos átomos, sendo os responsáveis pelas ligações químicas entre os elementos. Em movimento, produzem a corrente elétrica e geram campos magnéticos.

Os léptons **muon (μ)** e **tau (τ)** possuem características similares às do elétron, mas são muito mais pesados e instáveis, decaindo rapidamente em partículas mais leves.

Os **neutrinos (ν)** são extremamente leves, não possuem carga elétrica e interagem muito fracamente, a ponto de serem capazes de atravessar toda a Terra sem se chocar com nenhuma partícula. São produzidos em decaimentos nucleares e na fusão nuclear que ocorre no Sol, a qual é responsável pelo seu brilho.

Quarks

Quarks são partículas que interagem por meio das interações eletromagnética, fraca e forte, e possuem carga elétrica fracionária (2/3 e -1/3), além das "cargas de cor" relativas à interação forte. Eles formam os hádrons (tões quarks ou um quark e um antiquark) e permanecem confinados dentro deles, não sendo observados em estado livre.

Os quarks da primeira família, **up (u)** e **down (d)**, formam os prótons (uud) e nêutrons (udd) e, portanto, toda a matéria usual, além de diversos mésons, como o píon π⁺ (u d̄) e o káon K⁺ (d s̄).

As outras duas famílias de quarks, compostas pelo **strange (s)** e **charm (c)** e pelo **bottom (b)** e **top (t)**, não formam a matéria usual, sendo apenas produzidas como resultado de colisões entre outras partículas.

Antipartículas

Toda partícula possui sua antipartícula, com mesma massa e carga, mas com carga oposta. Para diferenciar as antipartículas das partículas, as correspondentes antipartículas são denotadas com uma barra sobre seu símbolo ou então pela troca de carga (+ ↔ -). A matéria formada por antipartículas é chamada de antimatéria.

Interação Forte (g)

O glúon (g) desempenha para a interação forte papel semelhante ao dos fótons para a interação eletromagnética. Eles são trocados entre partículas que possuem "cargas de cor", como os quarks. As "tões" são as cargas fortes equivalentes às cargas elétricas positiva e negativa. A interação forte é 100 vezes mais intensa que a interação eletromagnética e seu alcance não vai além do núcleo atômico. Ela é responsável por manter os quarks ligados, formando prótons e nêutrons, e seu efeito residual de longa distância mantém prótons e nêutrons unidos, formando o núcleo atômico.

Interação Fraca (W e Z)

A interação fraca é intermediada pelos bósons carregados W⁺ e W⁻ e pelo bóson neutro Z⁰. A interação fraca é de curtíssimo alcance: algum em distâncias 1.000 vezes menores que o núcleo atômico, sendo 10.000 mais fraca que a interação eletromagnética. A interação fraca atua tanto léptons como quarks e é responsável pelo decaimento beta, quando um nêutron se transforma em um próton, emitindo um elétron e seu neutrino associado. Este também desempenha um papel importante na geração da energia das estrelas como o Sol.

Interação Eletromagnética (γ)

O fóton (γ) é o quantum do campo eletromagnético. Toda radiação eletromagnética, desde as ondas de rádio e televisão, passando por raios X e luz visível, é formada por fótons. Partículas sem massa ou carga, os fótons são responsáveis pela transmissão da interação entre as partículas eletricamente carregadas.

Interação Gravitacional (G)

A interação gravitacional atua sobre todas as partículas e seria intermediada pelo gráviton. No entanto, no mundo subatômico, ela não tem nenhuma influência, já que ela é uma centena de milhão de vezes mais fraca que as outras três interações.

Para obter mais informações sobre os conceitos apresentados neste cartaz, acesse o site: <http://www.space.org.br/eam/>

Se você quiser fazer perguntas sobre o tema para especialistas na área ou discutir com seus colegas, acesse o Fórum de Discussão no site: <http://www.space.org.br/forum/>

Fonte: USP < <http://www.socrates.if.usp.br> >, 2018.

ANEXO D – Manifesto produzido pelos alunos no 3º momento.Manifesto por mais segurança nuclear

Nós, alunos da turma 2001 do Colégio Estadual Doutor Sylvio Bastos Tavares, abaixo-assinados, a par dos graves acidentes que ocorre mundo afora com usinas nucleares, declaramos estar inseguros com o risco radioativo iminente, pelas seguintes razões:

A energia nuclear é uma alternativa, mas o Brasil possui uma grande capacidade de produção de energia vinda dos rios e também tem as termoelétricas, que, por mais que polua, existem alternativas para limpar o ar com segurança.

Os rejeitos da usina são colocados em algum lugar e, se ocorrer com esse depósito o que aconteceu em Mariana, o solo e os rios ficarão poluídos por milhares de anos, sem condição de vida pra humanidade.

A fiscalização no país é ruim, então nada nos garante que as usinas nucleares brasileiras estão realmente seguindo as regras que o governo manda.

No Brasil já teve um acidente terrível com o césio-137, que só perde em número de mortos e área contaminada pro de Chernobyl, o que mostra que não estamos preparados para assumir esta responsabilidade.

Por estes motivos, reivindicamos:

Maiores esclarecimentos sobre os processos que acontecem nas usinas nucleares brasileiras, onde jogam o lixo e o quanto de risco cada cidade corre.

A elaboração de um plano de evacuação que seja conhecido por toda população de áreas que possam ser atingidas em caso de acidente.

A substituição das usinas nucleares por usinas que tenham impactos ambientais menores, como usinas eólicas.

Aqui assinamos,

Campos dos Goytacazes, 23 de outubro de 2018.