

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM  
ENSINO DE FÍSICA - POLO 36 - MACEIÓ-AL**

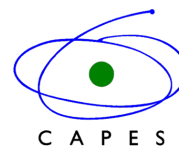
**FRANCK RENALDO SANTOS**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE FÍSICA ATÔMICA E  
NUCLEAR APLICADA NO CONTEXTO DA MEDICINA.**

Maceió/Al.  
2020.



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**FRANCK RENALDO SANTOS**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE FÍSICA ATÔMICA E  
NUCLEAR APLICADA NO CONTEXTO DA MEDICINA.**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Valentim dos Santos.

**MACEIÓ/AL  
2020**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S237s Santos, Franck Renaldo.

Sequência didática para ensino de física atômica e nuclear aplicada no contexto da medicina / Franck Renaldo Santos. – 2020.

144 f. : il. ; figs. ; grafs. color.

Orientador: Pedro Valentim dos Santos.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Maceió, 2020.

Bibliografia: f. 105-107.

Apêndice: f. 108-144.

1. Produto educacional. 2. Sequência didática. 3. Contextualização do conteúdo. 4. Física atômica. 5. Física nuclear. 6. Aprendizagem significativa. I. Título.

CDU: 539.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE FÍSICA

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 36 - UFAL  
Campus A. C. Simões - Av. Lourival de Melo Mota, S/Nº.  
Tabuleiro dos Martins - 57.072-970 - Maceió - AL - Brasil  
Tels.: Direção: (82) 3214-1645; Coordenação Graduação: (82) 3214.1421;  
Coordenação Pós-Graduação: (82) 3214-1423 / 3214 – 1267



**PARECER DA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**“SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE FÍSICA ATÔMICA E NUCLEAR  
APLICADA NO CONTEXTO DA MEDICINA”.**

por

***Franck Renaldo Santos***

A Banca Examinadora composta pelos professores, Dr. Pedro Valentim dos Santos (orientador), do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas, Dr. Antônio José Ornellas Farias, do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas e Dr. Tiago Nery Ribeiro, da Universidade Federal de Sergipe – MNPEF/UFS – Polo 11, consideram o candidato **aprovado**.

Maceió/AL, 20 de fevereiro de 2020.

Prof. Dr. Pedro Valentim dos Santos

Prof. Dr. Antônio José Ornellas Farias

Prof. Dr. Tiago Nery Ribeiro

*Dedico esta dissertação a meus avós maternos, Maria Avelina Alexandre –vó vilina- (in memoriam) e Antônio Cândido Alexandre, pelos ensinamentos de vida e apoio incondicional na carreira estudantil.*

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus por todas as dádivas;

Agradeço a todos os meus familiares e amigos pelos incentivos e apoio;

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Valentim dos Santos, pelos estímulos e confiança;

Agradeço aos professores do MNPEF da UFAL pelo conhecimento e vivências;

Agradeço a todos os colegas do curso, em especial, Paulo José, Jose Maria e Vlamir, pelo companheirismo;

Agradeço à CAPES, pois, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos, minha gratidão e respeito.

## RESUMO

A sequência didática proposta neste trabalho atende as recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais, estando voltada a turmas de 3º ano do ensino médio e ao tema estruturador Física Moderna e Contemporânea: o estudo da matéria e radiação, no qual abordamos conceitos de Física Atômica e Nuclear Aplicada no contexto da medicina, de maneira mais particular, o raio X, relações entre raio X e radioterapia e a Ressonância Magnética Nuclear. A aplicação do produto foi realizada em três etapas: Problematização Inicial, uma aula, destinada à sondagem, Organização do Conhecimento, seis aulas, voltadas ao trabalho de aprimoramento dos saberes dos alunos, e Aplicação do Conhecimento, uma aula, destinada à produção e socialização de folheto sobre os conteúdos em estudo. O desenvolvimento do currículo esteve ligado às relações existentes entre contextualização do conteúdo, recursos didáticos, estratégias de ensino e aprendizagem dos alunos, procurando efetivar processos capazes de possibilitar importantes avanços educacionais aos indivíduos envolvidos. Os procedimentos educacionais foram realizados, considerando os conteúdos de forma conceitual, procedimental e atitudinal, utilizando elementos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel e fundamentos da Neurociência de como se constrói a aprendizagem. A avaliação processual, reflexão transformada em ação, favorecedora da trajetória da construção do conhecimento. Os resultados do produto educacional evidenciam manifestação de aprendizagem afetiva positiva, do trabalho coletivo e colaborativo e indícios de aprendizagens, possivelmente, úteis aos estudantes, demonstrando ter potencial de uso em sala de aula.

**Palavras-chave:** Produto Educacional, Sequência Didática, Contextualização do conteúdo, Física Atômica, Física Nuclear, Aprendizagem Significativa.

## ABSTRACT

The didactic sequence proposed in this work meets the recommendations of the National Curriculum Parameters, focusing on 3rd year classes of high school and the structuring theme Modern and Contemporary Physics: the study of matter and radiation, in which we approach concepts of applied atomic and nuclear physics in the context of medicine, in particular, X-rays, relationships between X-rays and radiotherapy and nuclear magnetic resonance. The application of the product was carried out in three stages: Initial problematization, one class, aimed at probing, Knowledge Organization, six classes, aimed at improving students' knowledge, and Knowledge Application, one class, production and socialization of a leaflet about the themes under study. The development of the curriculum was linked to the existing relationships between contextualization of the content, didactic resources, teaching and learning strategies of the students, seeking to implement processes capable of enabling important educational advances to the individuals involved. The educational procedures were carried out considering the contents in a conceptual, procedural and attitudinal way, using elements from David Paul Ausubel's Theory of Meaningful Learning and neuroscience fundamentals of how learning is built. The procedural evaluation, reflection transformed into action, and favoring the trajectory of knowledge construction. The results of the educational product show a manifestation of positive affective learning, collective and collaborative work and evidence of learning, possibly useful to students, demonstrating its potential for use in the classroom.

**Keywords:** Educational product, Didactic sequence, Contextualization of the content, Atomic Physics , Nuclear Physics, Meaningful learning.



## Listas de Figuras

Figura 1- Representação do átomo de Dalton .....	29
Figura 2- Substância simples modelo de Dalton. ....	30
Figura 3- Substância composta segundo modelo de Dalton. ....	30
Figura 4- Representação do átomo de Thomson. ....	31
Figura 5- Representação básica do tubo de Crookes. ....	31
Figura 6- Representação do Átomo de Rutherford. ....	32
Figura 7- Representação do Experimento de Rutherford. ....	33
Figura 8- Ilustração dos resultados do experimento de Rutherford. ....	34
Figura 9- Ilustração do modelo de Rutherford com Prótons, Nêutrons e Elétron. ....	35
Figura 10- Representação da Distribuição das Camadas Eletrônicas. ....	36
Figura 11- Representação de um Processo de Fissão Nuclear .....	42
Figura 12- Representação do processo de Fusão Nuclear .....	43
Figura 13- Representação do salto quântico do elétron. Calor (a) e raio X (b) .....	44
Figura 14- Representação da radiação quebrando as hélices de um DNA .....	45
Figura 15- Representação do efeito anódico. ....	47
Figura 16- Representação da Radiação de Freamento .....	48
Figura 17- Representação alinhamento dos prótons no corpo .....	51
Figura 18- Representação da precessão dos prótons ao redor do eixo z do campo magnético.....	51
Figura 19- Imagem ilustrativa de Física na Medicina Nuclear .....	58
Figura 20- Ilustração de tratamento radioterápico .....	75
Figura 21- Imagem de uma simulação da RMN simplificada .....	80
Figura 22- Imagem de uma simulação da IRM da cabeça sem o tumor .....	81
Figura 23- Imagem de uma simulação da IRM da cabeça com o tumor .....	81

Figura 24- Gráfico de desempenho dos alunos atividade de fixação 01. ....	90
Figura 25- Gráfico de desempenho dos alunos atividade de fixação 02. ....	93
Figura 26- Gráfico de desempenho dos alunos atividade de fixação 03. ....	94
Figura 27- Gráfico de desempenho dos alunos atividade de fixação 04. ....	99

### **Listas de Tabelas**

Tabela 01: Organização das etapas da sequência didática .....	55
Tabela 02: Primeira aula: questionamentos iniciais e respostas dos alunos .....	85
Tabela 03: Quadro com características dos alunos em cada nível conhecimento .....	86
Tabela 04: Aspectos dos conhecimentos dos alunos em cada nível .....	87
Tabela 05: Segunda aula: questionamentos iniciais e respostas dos alunos .....	89
Tabela 06: Terceira aula: questionamentos iniciais e respostas dos alunos .....	92
Tabela 07: Quarta aula: questionamentos iniciais e respostas dos alunos .....	93
Tabela 08: Quinta aula: questionamentos iniciais e respostas dos alunos .....	95
Tabela 09: Quadro comparativo das respostas dos alunos entre as etapas problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento .....	100

## SUMÁRIO.

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	14
2.1. Currículo e Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. ....	14
2.2. Sequência didática e a contextualização do conteúdo. ....	16
2.3. Sequência didática, recursos didáticos e estratégias pedagógicas .....	18
2.4. Estratégias de ensino e aprendizagem dos alunos .....	20
3. FÍSICA ATÔMICA E NUCLEAR NO CONTEXTO DA MEDICINA. ....	27
3.1. Introdução à Física Atômica e Nuclear .....	27
3.2. Evolução dos modelos atômicos: da antiguidade a Niels Bohr .....	27
3.2.1. Empédocles .....	27
3.2.2. Leucipo e Demócrito. ....	28
3.2.3. John Dalton. ....	29
3.2.4. Joseph John Thomson. ....	31
3.2.5. Ernest Rutherford. ....	33
3.2.6. Niels Bohr .....	35
3.3. Constituição do átomo e características das partículas .....	38
3.4. Radiação: partícula alfa, partícula beta, raios gama e raios X .....	41
3.5. Radioatividade: raios X e radioterapia .....	45
3.5.1. Radioterapia .....	45
3.5.2. Raio X e aceleradores eletrostáticos .....	46
3.5.3. Raio X e efeito anódico. ....	47
3.5.4. Radiação de freamento (Bremsstrahlung) .....	48
3.5.5. Aceleradores cíclicos .....	48
3.6. Ressonância Magnética Nuclear .....	50
4. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	53
4.1 Contexto e perfil dos participantes .....	53
4.2 Desenvolvimento das atividades .....	54
4.2.1 Métodos e metodologias....., .....	56
5. ANÁLISES DOS RESULTADOS .....	85
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	105
APÊNDICE A: Produto Educacional .....	108

## Capítulo 1.

### 1. INTRODUÇÃO.

Desenvolver o ensino associado a aprendizagens relevantes ao aluno e à sociedade é função da escola, para tanto, a mesma precisa efetivar um currículo com práticas educativas que busquem atender de maneira satisfatória o momento social vigente, privilegiando a realidade sociocultural da sua comunidade e o contexto histórico. Os processos educativos devem dar preferência, principalmente, à motivação e participação dos estudantes, sendo trabalhados de modo a superar o modelo centralizador, valorizando as práticas coletivas e contribuindo na formação de indivíduos mais competentes, responsáveis e capazes de atuar na sociedade na qual estão inseridos, com autonomia, intervindo e transformando-a.

Os sucessos da escola estão intimamente ligados ao planejamento, implementação e avaliação das ações pedagógicas operadas na mesma, pois, no ambiente escolar a forma como se pensa, promove e assegura o ensino é determinante no compasso entre o que se objetiva fazer e os resultados obtidos. Essa relação envolve pressupostos teóricos, objetivos, crenças, valores e concepções acerca dos conhecimentos interligados ao conceber e ao fazer curricular. Sendo possível, segundo cf. Chevallard e apud Perrenoud, distinguir para o currículo três fases de transformação. Primeira: da cultura extraescolar para o currículo formal, segunda: do currículo formal para o currículo real, e terceira: do currículo real para a aprendizagem efetiva [cf. Chevallard, apud Perrenoud, 1993, p.25].

Nesse sentido, o currículo se manifesta como instrumento da sociedade capaz de desenvolver mecanismos de conservação ou transformação do conhecimento, caracterizando-se como um elo entre uma pedagogia e uma ideologia geradora da prática educativa no dia a dia escolar, representa a trajetória do processo de ensino-aprendizagem e o próprio ambiente escolar em ação. Conforme Veiga afirma, “a análise e a compreensão do processo de produção do conhecimento escolar ampliam a compreensão sobre as questões curriculares” [Veiga, 2002, p. 7]. Sendo assim, devemos considerar ainda, a interferência nos objetivos, planejamentos, estratégias, avaliações, trabalho do professor e resultados da escola.

Por tudo isso, consideramos importante efetivarmos um trabalho pedagógico que contribua para a formação de um currículo atrativo e favorecedor do processo de formação humana, social e ética dos alunos, capaz de prestar relevantes contribuições aos professores de Física e à sociedade. Nesse sentido, organizamos uma sequência didática como produto educacional voltada ao tema estruturador dos Parâmetros Curriculares nacionais, Física Moderna e Contemporânea: o estudo da matéria e radiação. A sequência didática está

organizada em oito aulas distribuídas em três etapas: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento, tendo como público alvo o terceiro ano do ensino médio, objetivando aprimorar as aprendizagens dos estudantes sobre a temática Física Atômica e Nuclear Aplicada no contexto da medicina.

A abordagem pedagógica e conceitual trata da evolução do modelo atômico, constituição do átomo e características das suas partículas, radiação: partícula alfa, partícula beta, raio gama e raio X, radioatividade: raio X e radioterapia e Ressonância Magnética Nuclear. Para tanto, utilizamos diversos recursos e estratégias de ensino: produção e análise de texto, uso de slides, utilização de vídeos, estudo de mapa conceitual, experimentação, simulação, produção e apresentação de folhetos. No transcorrer da execução das atividades, procuramos explorar e utilizar os conhecimentos prévios dos estudantes, buscando identificar elementos cognitivos relevantes ao tema, com a finalidade de promover os métodos didáticos e o trabalho coletivo, assim, possibilitando melhor atender às particularidades dos alunos.

Os procedimentos educacionais foram trabalhados procurando desenvolver a mediação do conhecimento, considerando os conteúdos de forma conceitual, procedimental e atitudinal, buscando valer-se de fundamentos gerais da Neurociência Educacional de como se constrói a aprendizagem, mas, privilegiando elementos da Teoria da Assimilação de David Paul Ausubel ou Teoria da Aprendizagem Significativa, utilizando avaliação processual, reflexão transformada em ação, favorecendo a trajetória da construção do conhecimento e a consolidação de aprendizagens úteis aos estudantes.

O trabalho dissertativo está organizado em seis capítulos: Capítulo um, introdução; Capítulo dois, fundamentação teórica descrita em quatro tópicos: 1. Currículo e Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio; 2. Sequência Didática e a Contextualização do Conteúdo; 3. Sequência Didática, Recursos Didáticos e Estratégias Pedagógicas e 4. Estratégias de Ensino e Aprendizagem dos Alunos. O Capítulo três trata dos conteúdos do tema da sequência didática: Física Atômica e Nuclear no contexto da medicina; o Capítulo quatro faz um relato dos aspectos metodológicos da aplicação do produto educacional. No Capítulo cinco há a análise dos resultados da aplicação da sequência didática; o seis, aborda as considerações finais.

## Capítulo 2.

### 2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

#### 2.1. Currículo e Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

O desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem necessita da realização de uma prática pedagógica voltada à construção de conhecimentos úteis aos estudantes, capaz de repensar a efetivação do currículo, o que ele diz, o que ele causa e o que ele é capaz de fazer, pois, para Sacristán, “a escolaridade é um percurso para os alunos/as, e o currículo é seu recheio, seu conteúdo, o guia de seu progresso pela escolaridade” [Sacristán, 1998, P.25]. Segundo Stenhouse “o currículo tem o papel de propor intenções e modos operacionais, isto é, intenções que levem à prática e que sejam avaliadas” [Stenhouse, 1999, p.38]. Nesses sentidos, precisamos produzir um currículo funcional, manifestando-se como instrumento das necessidades da sociedade, principalmente, as dos alunos.

Na efetivação do currículo para o ensino de Física, deve-se considerar o aprimoramento de competências, habilidades e atitudes dos estudantes, permitindo aos mesmos perceber e tratar fenômenos naturais, sociais e tecnológicos a partir de princípios, leis e modelos da Física, inclusive, correlacionando-os com outras ciências. Precisa-se também de um currículo que interligue o contexto histórico, o momento vivenciado e a realidade dos alunos, oportunizando, na sua realização, vivências de experimentar, coletar, selecionar, organizar, avaliar, produzir e socializar informações de forma relevante resultando na melhoria dos conhecimentos dos educandos, contribuindo, assim, para mudanças satisfatórias socialmente.

[...] o ensino de qualidade que a sociedade demanda atualmente expressa-se com a possibilidade do sistema educacional vir a propor uma prática educativa adequada às necessidades sociais, políticas, econômicas e culturais da realidade brasileira, que considere os interesses e as motivações dos alunos e garanta as aprendizagens essenciais para a formação de cidadãos autônomos, críticos e participativos, capazes de atuar com competência, dignidade e responsabilidade na sociedade em que vivem. (PCN, Brasil, 1998, p. 33).

Desenvolver o ensino de Física com intuito de consolidar os propósitos já referidos anteriormente, de modo a atender o que preconiza a Lei de Diretrizes e Base da Educação (LDB), no seu Art. 35, item III, o qual menciona como finalidade do Ensino Médio “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina ” e no Art. 36, item I, referente aos conteúdos, especifica que eles devem contemplar o “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna”, é um desafio para as escolas e professores, mais especificamente no que

se refere ao ensino de Física, as dificuldades são expressivas, seja para trabalhar Física Clássica ou Física Moderna e Contemporânea.

No Ensino Médio, mesmo os documentos norteadores da educação recomendando a importância de trabalhar as ideias contemporâneas, a prática pedagógica está voltada, prioritariamente, para o estudo de conteúdos da Física Clássica (mecânica, termologia, óptica, ondas, eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo); conteúdos estes, abordados, na maioria das vezes, em aulas teóricas e descritivas, com frequência, apresentadas a partir de listas de conteúdos programáticos da escola ou sumário dos livros didáticos, predominando a transmissão de informações com o propósito de preparar os educandos para o exame nacional do ensino médio (ENEM) e vestibulares.

Diante dessa conjuntura e das necessidades de atender às propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) sobre a importância de renovar os currículos escolares, contextualizar o ensino, relacionar os conhecimentos de Física com as vivências dos alunos, estabelecer espaços coletivos de discussão, atribuir ao conhecimento um significado no momento de seu aprendizado e contribuir para uma formação científica e cidadã, é de grande importância trabalhar as temáticas de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. Para Pinto e Zanetic.

É preciso transformar o ensino de Física tradicionalmente oferecido por nossas escolas - que avança, no máximo, até o início do século XX [2] - em um ensino que contemple o desenvolvimento da Física Moderna, pois esta Física explica fenômenos que a física clássica não explica, uma nova visão de mundo, uma Física que hoje é responsável pelo atendimento de novas necessidades que surgem a cada dia, tornando-se cada vez mais básicas para o homem contemporâneo, um conjunto de conhecimentos que extrapola os limites da Ciência e da tecnologia, influenciando outras formas do saber humano (Pinto e Zanetic, 1997, p. 4).

A promoção de um trabalho educativo com boas metodologias, organizado por sequência didática ou plano de ensino sobre conteúdos de Física Moderna e Contemporânea favorece a construção do significado do ensino de Física, permitindo ao estudante desenvolver uma melhor compreensão dos fenômenos da natureza e da sociedade, ampliando sua cultura, ajudando a refletir, atuar com mais eficácia em sua realidade, segundo Agostin, “Há uma crescente influência dos conteúdos contemporâneos e atuais para o entendimento do mundo, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse meio” [ Agostin, 2008, p. 26]. Portanto, trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário.

## 2.2. Sequência Didática e a Contextualização do Conteúdo.

A relevância da Física Moderna e Contemporânea para os indivíduos e a sociedade torna imprescindível o ensino da mesma na educação básica, principalmente no Ensino Médio, mas esse ensino deve estar pautado, prioritariamente, em um planejamento pedagógico onde as atividades didáticas estejam interligadas, executadas etapa por etapa, organizadas de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar para a aprendizagem de seus alunos, ou seja, por meio de uma sequência didática.

De acordo com Zabala, sequências didáticas são “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” [Zabala, 1998, p.18]. Para Pais, elas podem ser vistas como “certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática” [PAIS, 2002, p. 102]. Um conjunto sequenciado de atividades pedagógicas ligadas a um tema e voltadas para ensinar conteúdos etapa por etapa, essas ligadas entre si e com o propósito de tornar mais eficiente o processo de aprendizado.

Utilizar sequência didática no ensino de Física, inclusive Moderna e Contemporânea, é fundamental, pois possibilita, de forma organizada, ensinar aos alunos um conteúdo conceitual de forma gradual, passo a passo, sendo possível explorar diversos conteúdos procedimentais como: textos, mapas, vídeos, recorte de revistas e jornais, simulações, experimentos, dentre outros, e nesse contexto, instigar o desenvolvimento de conteúdos atitudinais.

Essas três categorias de conteúdos devem ser abordadas de acordo com o que preconiza Zabala, no sentido de que os conteúdos conceituais se referem à construção da atividade cognoscitiva do aluno, operando símbolos, imagens, ideias e representações que permitam organizar as realidades, conhecendo conceitos e princípios. Os conteúdos procedimentais relacionam-se às aprendizagens de ações, nas quais as estratégias pedagógicas para entendimento do conteúdo consistem na execução compreensivas, nas repetições contextualizadas e significativas. Os conteúdos atitudinais referem-se às experiências que estabelecem vínculos afetivos capazes de intervir nas realidades dos alunos [Zabala, 1998, 42-48]. Dessa forma, ao ensinar um conteúdo escolar aplicando uma sequência didática com sucesso, há boa possibilidade de interferir positivamente nos avanços socioeducativos dos estudantes.

Para compreender o valor educacional de uma sequência didática e as razões que a justificam, é necessário identificar suas fases, as atividades que a conformam e as relações que se estabelecem. A partir daí, pode-se introduzir mudanças ou



atividades novas que a melhorem, tendo em vista atender às reais necessidades dos educandos (Zabala 1998, p.54).

A sequência didática permite também estabelecer estratégias didáticas ligadas às fases de problematização inicial, vinculada à sensibilização, levantamento dos conhecimentos prévios dos educandos, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. O processo de avaliação precisa ser contínuo, norteando o fazer pedagógico, possibilitando que as expectativas de aprendizagem estejam bem definidas em relação aos seus objetivos. Por meio dela, a construção dos conhecimentos sobre um conteúdo deve priorizar as especificidades e necessidades dos alunos, proporcionando a eles oportunidades de melhorar seus aprendizados e vivências.

No processo de composição da sequência didática, um fator importante para a eficácia do ensino e aprendizagem é a contextualização do conteúdo, pois proporciona a articulação entre o conhecimento à sua origem e à sua aplicação, correlaciona os conteúdos escolares às vivências do aluno, resgata os avanços históricos, tecnológicos, bem como, sociais vinculados aos conteúdos, tornando, assim, o ensino mais significativo. Enfim, contextualizar possibilita ensinar levando em conta o dia a dia dos estudantes e da sociedade. Kato afirma o seguinte referente a relacionar o cotidiano aos conteúdos estudados.

[...] não significa banalizar o conhecimento das disciplinas, mas criar condições para que os alunos (re) experimentem os eventos da vida real e, a partir dessas experiências, compreendam o conhecimento científico. [...] o tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo e dessa forma estimulá-lo a “fazer” e “a recriar” através da invenção ou reconstrução de contextos que levam a compreensão do conhecimento. Portanto, [...] identifica-se outra perspectiva para a ideia de CONTEXT, a da inserção dos conteúdos escolares, das teorias científicas em um todo de vivências do aluno, o seu cotidiano. Nesta concepção, a ‘parte’ seria o conteúdo escolar da disciplina, que deveria ser situada ou relacionada ao ‘todo’, que seria o cotidiano do aluno (Kato, 2007, p.29-30).

A contextualização do ensino contribui para minimizar as falhas das práticas educativas, considerando que ela otimiza as relações entre o que se pretende ensinar e o como ensinar, estando diretamente ligada ao como se ensina e se aprende, conseqüentemente, afetando a qualidade do trabalho docente. Além disso, ajuda inter-relacionar o conhecimento científico e escolar, adequando-os às possibilidades cognitivas dos alunos, permitindo que eles encontrem sentido nos estudos dos fenômenos físicos.

Os documentos oficiais brasileiros apresentam e defendem a ideia de contextualizar os conteúdos escolares. Nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), dentre outras justificativas, afirmam que:

(...) o tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem de retirar o aluno da condição de expectador passivo. Se bem trabalhado permite que, ao longo da transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade (Brasil, 1998, p. 42).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio “mais” (PCN+) também apresentam a possibilidade de realizar a contextualização articulada do ensino de Física às vivências sociais dos alunos. Segundo o mesmo: É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. (Brasil, 1999, p.22).

Ao continuarmos analisando os aspectos presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio “mais” (PCN+) sobre o processo de contextualização do ensino, podemos reunir suas concepções nas seguintes linhas de entendimentos: Contextualizar de modo a aproximar o conteúdo escolar ao cotidiano social do aluno, valendo-se de tarefas laborais e atividades voltadas para representatividade do dia a dia do educando. Contextualizar inter-relacionando os conhecimentos científicos de diversas áreas, possibilitando a interdisciplinaridade. Contextualizar utilizando aspectos socioculturais, históricos com o propósito de efetivar Alfabetização Científica e Tecnológica, contextualizando para diminuir as falhas do processo de ensino e aprendizagem, melhorando a transposição didática.

Diante da importância da contextualização para o bom desenvolvimento do trabalho pedagógico, podemos considerá-la como um dos princípios da organização curricular, nesse sentido, a abordagem temática é uma real alternativa na estruturação do currículo, além disso, influencia positivamente o mesmo como instrumento da sociedade, capaz de aperfeiçoar processos de conservação ou transformação do conhecimento, caracterizando-se como o próprio ambiente escolar em ação e, certamente, colaborando na formação de um aluno mais participativo e responsável socialmente.

### **2.3. Sequência Didática, Recursos Didáticos e Estratégias Pedagógicas.**

O planejamento, organização e aplicação da sequência didática requerem bastante cuidado no que diz respeito à escolha dos recursos didáticos a serem utilizados pelo docente, pois os mesmos interferem consideravelmente no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que recursos adequados dinamizam o ensino, tornam as aulas mais atrativas, constituindo-se em instrumentos facilitadores do desempenho do professor e do aluno. Souza ressalta que é

possível a utilização de vários materiais que auxiliem a desenvolver o processo de ensino e de aprendizagem, isso faz com que facilite a relação professor – aluno – conhecimento (Souza, 2007, p. 110).

As estratégias de ensino estão intimamente associadas aos recursos didáticos e, por conseguinte, a maneira de fazer os alunos participarem e interagirem com o conteúdo em estudo, proporcionando, assim, avanços na compreensão de conceitos e procedimentos, ajudando os educandos a se interessarem por novas situações de aprendizagem, a desenvolverem conhecimentos mais complexos, a realizarem trabalhos cooperativos, construindo autonomia no processo formativo.

[...] o professor poderá concluir juntamente com seus alunos, que o uso dos recursos didáticos é muito importante para uma melhor aplicação do conteúdo, e que, uma maneira de verificar isso é na aplicação das aulas, onde poderá ser verificada a interação do aluno com o conteúdo. Os educadores devem concluir que o uso de recursos didáticos deve servir de auxílio para que no futuro seus alunos aprofundem e ampliem seus conhecimentos e produzam outros conhecimentos a partir desses. Ao professor cabe, portanto, saber que o material mais adequado deve ser construído, sendo assim, o aluno terá oportunidade de aprender de forma mais efetiva e dinâmica (Souza, 2007, p. 110).

A utilização, pelo professor, de diferentes tipos de recursos didáticos, textos, vídeos, experimentos, simulações, mapas conceituais, apresentações em slides, dentre outros, favorecem para que a aula se torne mais interessante e obtenha melhores resultados de ensino e aprendizagem, além de fortalecer a superação do modelo tradicional de ensino. Para Souza:

Utilizar recursos didáticos no processo de ensino- aprendizagem é importante para que o aluno assimile o conteúdo trabalhado, desenvolvendo sua criatividade, coordenação motora e habilidade de manusear objetos diversos que poderão ser utilizados pelo professor na aplicação de suas aulas. (Souza, 2007, p.112-113).

Embora as possibilidades de escolha e uso dos recursos sejam amplas, entre outros fatores, deve-se considerar o perfil dos alunos, a finalidade do recurso, o objetivo proposto pelo conteúdo e a visão pedagógica do professor, para que realmente o aluno tenha êxito, consiga refletir e estabelecer relação entre diversos contextos do dia a dia, produzindo, assim, novos conhecimentos.

Na concretização de um currículo útil aos alunos, a organização do conteúdo em sequência didática é importante, pois contribui para o bom resultado docente, a contextualização do ensino é significativa para aprendizagem e a escolha apropriada dos recursos didáticos influencia de modo considerável as técnicas de ensino e rendimentos dos

alunos, portanto, é inegável que essas ferramentas pedagógica tornam-se essenciais no processo educativo, mas destacamos que, a maneira como se realiza o ensino, ou seja, as estratégias, é crucial para atingir os propósitos educacionais de melhorar os conhecimentos, bem como as relações sociais dos docentes. Para Veiga:

No processo de ensino é importante que o professor defina as estratégias e técnicas a serem utilizadas. Uma estratégia de ensino é uma abordagem adaptada pelo professor que determina o uso de informações, orienta a escolha dos recursos a serem utilizados, permite escolher os métodos para a consecução de objetivos específicos e compreende o processo de apresentação e aplicação dos conteúdos. Já as técnicas são componentes operacionais dos métodos de ensino, têm caráter instrumental uma vez que intermediam a relação entre professor e aluno, são favoráveis e necessárias no processo de ensino-aprendizagem (Veiga, 2006, p. 62).

Considerando que os métodos aplicados interferem bastante nos resultados do ensino e conseqüentemente na formação dos indivíduos, é fundamental que se evite a metodologia tradicional de ensino focada na transmissão de conhecimento pelo docente, buscando proporcionar a participação colaborativa de professor e alunos no intuito de desenvolver a aprendizagem ativa dos educandos, essa ocorre quando o educador atua como mediador do ensino, oportunizando a interação do aluno com o conteúdo em estudo, dialogando, fazendo, socializando e compreendendo.

Na execução das estratégias de promoção da aprendizagem ativa dos estudantes é primordial que as atividades enriqueçam a autonomia dos mesmos, possibilitando maior capacidade de decisão, trabalho em equipe, organização pessoal, realização de pesquisa, expressão oral e escrita, socialização de informações, aplicação do conhecimento em situações práticas, para isso, é necessário se utilizar de diferentes situações didáticas capazes de ativar os alunos de modo a inter-relacionarem e fazerem uso de suas funções mentais de pensar, raciocinar, observar, refletir, entender; dentre outras, potencializando suas cognições e desenvolvendo a inteligência.

#### **2.4. Estratégias de Ensino e Aprendizagem dos Alunos.**

Entender a forma como o estudante desenvolve suas aprendizagens é extremamente importante para o sucesso do trabalho do professor, dessa maneira, é essencial discutirmos a respeito de como as estratégias pedagógicas se correlacionam com a estruturação da inteligência e os avanços cognitivos dos alunos, para tanto, verificaremos, em termos gerais, como o cérebro aprende, ou seja, procuraremos compreender a Neurociência da aprendizagem a partir das

ideias de que um processo de ensino dinâmico, prazeroso, voltado ao interesse dos alunos, afetará o funcionamento cerebral dos mesmos de forma positiva e permanente, com resultados satisfatórios.

As estratégias pedagógicas utilizadas por professores durante o processo ensino-aprendizagem são estímulos que produzem a reorganização do sistema nervoso em desenvolvimento, resultando em mudanças comportamentais (Guerra, 2011, p. 06).

A melhora dos conhecimentos sobre um conteúdo depende de como as redes neurais são estabelecidas no momento da aprendizagem, isto é, a maneira como os estímulos chegam ao cérebro, a forma com que as memórias se consolidam e o modo de acesso às informações presentes no cérebro. Assim, podemos definir a aprendizagem sendo o fruto do processo pelo qual o cérebro reage aos estímulos do ambiente, ativando suas sinapses, onde a cada novo estímulo ou repetição de comportamento temos circuitos neuro elétricos que processam as informações, e essas, são consolidadas em aprendizado. Segundo Kolb e Whishaw.

Viver é interagir. Desde o nascimento o homem interage com seu ambiente através dos mais variados comportamentos. Os comportamentos que adquirimos ao longo de nossas vidas resultam do que chamamos de aprendizagem ou aprendizado. Aprender é uma característica intrínseca do ser humano, essencial para sua sobrevivência (Kolb; Whishaw, 2002, p.11).

O funcionamento do cérebro é gerador do processo de aprender, suas regiões interagem de forma dependente entre si, em trabalho conjunto, onde cada estrutura com seus neurônios específicos e especializados desempenham um papel. Podemos citar os lobos cerebrais e suas funções, o lobo frontal, responsável pela tomada de decisão, julgamento, memória recente, crítica, raciocínio, o lobo parietal, relacionado às sensações e senso de localização do corpo e do meio ambiente, o lobo occipital, ligado, principalmente, à visão, o lobo temporal, vinculado à audição e o lobo insular associado a processos emocionais fortemente influenciados pelos órgãos dos sentidos.

Nesse contexto, os estudos da neurociência têm contribuído consideravelmente na compreensão do funcionamento do cérebro dos indivíduos, explicando a forma que eles assimilam informações, quer dizer, como esse órgão recebe, seleciona, transforma, memoriza, arquiva, processa e elabora todas as sensações captadas pelos diversos elementos sensoriais. A partir desse entendimento, é possível o professor desenvolver estratégias de ensino que conduzam a avanços na identidade cultural e social dos alunos. Conforme Coch e Ansari.

As neurociências descrevem a estrutura e funcionamento do sistema nervoso, enquanto a educação cria condições que promovem o desenvolvimento de competências. Os professores atuam como agentes nas mudanças cerebrais que levam à aprendizagem (Coch e Ansari, 2009, p.4).

Outro fator a considerar é a neuro plasticidade, capacidade do cérebro se transformar, reorganizando-se ou readaptando-se na presença de novos estímulos, criando novas células de acordo com as experiências e aprendizados, sejam eles positivos ou negativos. Acontece durante toda a vida, quando se aumenta a ativação da área do cérebro durante o aprendizado a conexão neural se torna mais intensa, ou seja, quanto mais se aprende, mais se desenvolve o cérebro. Por exemplo, praticar ciclismo, inicialmente, tem-se dificuldades para aprender, mas quanto mais se pratica mais fica fácil o aprendizado. Sendo assim, as estratégias pedagógicas devem usar recursos didáticos que sejam multissensoriais, capazes de intensificar o funcionamento das múltiplas redes neurais, resultando em neuro plasticidade e fortalecendo as sinapses. Pois para Drouet:

Os órgãos dos sentidos recebem os estímulos do meio exterior e os conduzem aos centros nervosos correspondentes a cada um deles. Estes centros nervosos, por sua vez, estão intimamente relacionados com os centros motores, voluntários e involuntários e com os centros de memória e aprendizagem. (Drouet, 2006, p.110).

Notamos que o desenvolvimento do cérebro depende, consideravelmente, das experiências vividas e da forma como se lida com as mesmas, os estudos da Neurociência produzem melhores entendimentos sobre o funcionamento do sistema nervoso e como atuar sobre ele, dizendo bastante sobre inteligência, sentimentos, bem como sobre comportamentos. Percebemos também as diversas relações dos processos cognitivos, como o ser humano adquire conhecimento e o cérebro progride, ficando evidente que esse evolui por toda vida, mas para isso, precisamos questionar, refletir, criar, motivar, aprender coisas diferentes diariamente.

Diante desses importantes conhecimentos sobre Neurociência e o aprendizado humano, acredita-se que o conhecimento neurocientífico pode ser associado à psicologia cognitivista, conforme ressalta Kandel, a Neurociência atual é a Neurociência Cognitiva, “um misto de Neurofisiologia, Anatomia, Biologia Desenvolvimentalista, Biologia Celular e Molecular e Psicologia Cognitiva” [ Kandel et al, 2003, p. 1165]. Sendo assim, são importantes saberes para otimizar a prática pedagógica, favorecendo a aprendizagem significativa dos conteúdos.

No nosso trabalho sobre Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da Medicina, promovemos os processos de ensino considerando os conhecimentos da Teoria de Aprendizagem de Ausubel, essencialmente cognitiva, em inteiração com os estudos da neurociência cognitiva da formação da aprendizagem, assim, o planejamento, o fazer pedagógico, as interpretações dos resultados estiveram baseadas nas inter-relações da neurociência e Aprendizagem Significativa. A aprendizagem significativa, conceito central da

teoria de Ausubel, ocorre quando o aluno associa as novas informações com os conhecimentos que já possui [Baron, 2002, p.43].

É bastante provável que Ausubel não tenha se preocupado com questões neurocientíficas quando elaborou sua teoria. No entanto, ele faz uma profunda declaração neurobiológica quando destaca a importância dos conhecimentos prévios como ponto de partida para novas aprendizagens. A partir disto, a teoria de Ausubel nos conduz a pensar que o fator mais importante na aprendizagem são as redes neurais existentes no cérebro do indivíduo. Assim, quando o professor descobre o que seus alunos já sabem, também estará descobrindo as características de suas redes neuronais, e ficará mais fácil para os alunos adquirirem conhecimentos novos (Zull, 2002, p.70).

A aprendizagem, segundo o ponto de vista cognitivista, é relacionada à organização e integração do conteúdo ensinado na estrutura cognitiva, isto é, nas mentes dos indivíduos há uma estrutura cognitiva onde se processam as informações para se formar ideias, mas sendo imprescindível a presença de conhecimentos previamente adquiridos específicos e relevantes na associação a novos conhecimentos. A compreensão de uma nova informação utilizada na solução de um problema depende da amplitude com que se disponibiliza uma base de ideias na estrutura cognitiva do aluno [Moreira e Masini, 1982; Moreira, 1999 a].

A estrutura cognitiva é um dos conceitos centrais da Teoria da Aprendizagem Significativa. O atual conhecimento das bases neurais da aprendizagem e cognição, o desenvolvimento das técnicas de neuroimagem e os modelos computacionais do comportamento cerebral permitem afirmar que há uma relativa concordância entre a fisiologia cerebral com o conceito de estrutura cognitiva proposto por Ausubel e outras teorias cognitivas. A estrutura cognitiva, do ponto de vista neurocientífico, é um tipo de rede neural, cujo conjunto de células neurais se encontra as ideias ou conceitos, porém não se apresentam organizados de forma hierárquica, como postula a Teoria da Aprendizagem Significativa (Paniagua e Villagrà, 2008, p.91).

Sobre o ensino, sabemos que seu objetivo é o aprendizado, porém, o mesmo, entre outras variáveis como disposição e preparação cognitiva do indivíduo, é somente mais uma condição que pode influenciar na aprendizagem. O ato de ensinar não pode se encerrar em si mesmo, uma vez que, a finalidade do ensino é a aprendizagem apesar de outros fatores interferirem e precisarem ser levados em conta [Ausubel et al, 1980, p. 12 e 25].

O ensino é bem-sucedido quando as estratégias didáticas conseguem regular a aprendizagem, tornando-a mais significativa possível para o estudante. Para que a aprendizagem significativa ocorra, é necessária a utilização de um material potencialmente significativo e relacionável à estrutura cognitiva do aluno, além da disposição do mesmo em aprender [Moreira, 2006, p.94]. O professor, por meio de sua ação profissional, pode transmitir estímulos que favoreçam a neuroplasticidade e secreção de hormônios que provocam o

entusiasmo, assim como o desejo de aprender ou o extremo oposto, o desinteresse [Carvalho, 2011, p.70].

Segundo Ausubel, a aprendizagem pode acontecer por descoberta ou recepção. Na aprendizagem por descoberta, o conteúdo deve ser aprendido por descoberta, utilizando aspectos de conhecimentos básicos contidos na cognição do aluno, envolvendo a formação de conceitos e a solução de problemas. Na aprendizagem receptiva, o conteúdo pronto é exposto ao aluno, espera-se que o mesmo se relacione aos conhecimentos já contidos em sua estrutura cognitiva. Ambas as formas podem ser mecânicas ou significativas, dependendo de como a mente do educando se encontra ou não preparada para estabelecer um processo de assimilação da nova informação.

Considerando que as aprendizagens dos conteúdos ocorrem a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, acontecendo quando uma nova informação adquire significado a começar da interação com conhecimentos já estabelecidos na mente do aprendiz, o autor, Ausubel, chamou de subsunçores de aprendizagem a interação entre o novo e o que o aluno já conhece. Devemos lembrar também que quando o aluno encontra sentido no que se aprende, podemos dizer que possivelmente haverá aprendizagem significativa. Moreira afirma que: cada aluno apresenta uma certa preferência por determinados conteúdos que lhe convêm ter significado, ou não, para si, e encontrando sentido no que está aprendendo, por isso, a necessidade de resgatar os conhecimentos prévios dos educandos [Moreira, 1993, p.56].

A assimilação na aprendizagem significativa acontece quando uma nova informação **A** interage com o conhecimento preexistente **a**. Nessa perspectiva, uma estratégia didática só produzirá aprendizagens satisfatórias se potencializar realmente as experiências dos alunos. Para isto, o conceito ou proposição **A**, para efeito de ensino-aprendizagem, precisa ser apresentado por um recurso material que seja potencialmente significativo (Ausubel *et al*, 1980, p.56-58; Moreira, 1999 a).

Nesse sentido, consideramos a sequência didática um recurso possível de provocar boas reações cognitivas, servindo de base na atribuição de significado científico. A princípio, realizamos a problematização inicial, sondagem, com o interesse de levantar as dificuldades dos alunos e detectar a existência de subsunçores adequados, para que se possa trabalhar esperando atribuição de significado. Assim, para que ocorra a aprendizagem significativa é preciso conhecer antes o que se passa na cabeça dos estudantes, isto é, se os subsunçores são ou não adequados (Moreira, 1999 a).



No primeiro estágio do processo de assimilação, problematização inicial, teremos que colocar a interação pretendida entre os conteúdos  $a$  x  $A$  em prática. Nesse estágio, devem existir condições para que esta associação ocorra. No segundo estágio, organização e aplicação do conhecimento ou desenvolvimento das atividades, o processo de assimilação do primeiro estágio sofre novas interações a partir das interferências dos métodos pedagógicos, que vai resultar, como produto desta interação em  $A'$  x  $a'$ . Ausubel acredita que há um período de tempo inicial de acomodação onde conhecimento presente no produto interacional deve ser visto como indissociável. Correlacionando esses aspectos citados com a visão da neurociência, Novak afirma:

As redes neurais ativadas durante o processo de aprendizagem significativa passam por modificações, formando novas sinapses e/ou conexões funcionais com novos neurônios, permitindo neuroplasticidade, descrita anteriormente. Com o acréscimo contínuo de novas informações relevantes às informações na estrutura cognitiva, a qualidade e extensão das conexões neurais também se intensificam (Novak, 2010, p.56).

No desenvolvimento do segundo estágio, diferencia-se o significado da nova informação que sofre interferência das concepções prévias do aluno, simbolizada por  $a'$ , ocorrendo à qualificação de conceitos subsunçores, simbolizado por  $A'$ . Dessa forma, no produto da interação iniciado no primeiro estágio sofre mudança no segundo estágio, tanto a nova informação quanto os subsunçores utilizados, possibilitando ser entendidos como dois elementos dissociáveis relacionados por  $a'$   $A'$ .

Durante a fase de retenção, o aluno entende o produto  $a'A'$  como sendo a junção do conhecimento  $a'$  com o subsunçor  $A'$ . Em seguida, ocorre o estágio de assimilação obliteradora no qual, progressivamente, o aluno não consegue dissociar os conceitos  $a'$  e  $A'$ . Como resultado desta fase, o produto  $a'A'$  torna-se simplesmente  $A'$ , um subsunçor modificado e mais elaborado que o subsunçor inicial  $A$  (Moreira, 2006, p.34).

Esse processo de formação da aprendizagem prossegue, pois, o educando continua interagindo, sofrendo interferências que podem dissociá-lo. Assim, de maneira gradativa a nova informação retida  $a'$  vai se tornando espontaneamente menos dissociável de sua ideia âncora. Desta maneira, quando for atingido o grau de dissociabilidade nulo, passa a existir uma composição de algumas ideias prévias com algumas ideias novas, em um novo conjunto simplificado de elementos indissociáveis, que aqui, estamos representando por  $(A''a'')$ . Devendo ao final desta fase de esquecimento da teoria de assimilação ausubeliana, permanecer simplesmente um subsunçor modificado que aqui estamos representando por  $(A'')$ , e é considerado como resíduo do conteúdo que precisa ficar retido na fase de assimilação obliteradora (Moreira, 2006, p.34).

Diante dos princípios acima referidos, podemos dizer que a aprendizagem é processual, oriunda das relações que envolvem uma nova informação explorada e a estrutura cognitiva do aluno, acontecendo quando as novas informações se combinarem de forma significativa com os conhecimentos relevantes dos estudantes, sendo os conhecimentos permanentes organizados hierarquicamente no sistema intelectual dos discentes. Descrevemos, de forma simplificada, por meio de uma equação, todo o processo dos três estágios (separados por /) assimilativos da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel:

$$a + A \rightarrow a \times A / A' \times a' \rightarrow A'a' \leftrightarrow (A' + a') / (A'a') \rightarrow (A''a'') \rightarrow (A'').$$

A teoria assimilativa e os estudos na Neurociência servirão para nos apontar caminhos mais eficientes no desenvolvimento do ensino e da aprendizagem; além de estabelecermos estratégias que consideram as limitações de nossa capacidade mental de retenção de conhecimentos, levarmos em conta a atribuição de significados da aprendizagem a partir das potencialidades cognitivas, contribuirmos na superação do tradicionalismo do ensino, favorecendo a participação dos alunos; viabilizando uma melhor contextualização do conteúdo e, possivelmente, trazendo comportamentos ligados à afetividade e emoção associados ao prazer, no sentido da satisfação em aprender.

## **Capítulo 3.**

### **3.FÍSICA ATÔMICA E NUCLEAR NO CONTEXTO DA MEDICINA.**

#### **3.1. Introdução à Física Atômica e Nuclear.**

Na Física Atômica, estudamos o átomo como um conjunto de interações entre os elétrons e o núcleo, por exemplo, quando um elétron adquire energia, ele se move de um nível de energia para outro mais afastado do núcleo, ou seja, para um nível mais energético. Caso ele libere a energia absorvida, ela será emitida na forma de radiação eletromagnética, e o elétron retornará para uma órbita menos energética mais próxima do núcleo. A Física Nuclear abrange a produção de conhecimentos que vão desde as partículas fundamentais até as imensas estruturas formativas do universo, para tanto, ela estuda apenas o núcleo por meio das suas constituições, propriedades e reações.

Os conhecimentos da humanidade sobre Física Atômica e Nuclear sofreram grandes desenvolvimentos no transcorrer do tempo, permitindo importantes avanços científicos e sociais. No entanto, estamos distantes de uma teoria definitiva sobre a composição elementar básica das partículas constituintes da matéria, mesmo assim, muitas áreas das ciências dependem da Física Atômica e Nuclear para se desenvolver, por exemplo: Na Física: Astrofísica, Física de Plasma, Física dos Estados Sólidos, Física das Radiações. Na Química: Análise e Taxa de Reações, Radioatividade. Na Biologia: Estrutura Molecular, Fisiologia, dentre tantas outras.

A evolução dos fundamentos físicos da Física Atômica e Nuclear tem recebido relevantes contribuições da Mecânica Quântica. Pois, a mesma vem proporcionando progressos teóricos e tecnológicos possibilitadores de aperfeiçoamentos dos modelos atômicos e entendimentos dos comportamentos dos átomos e partículas, por meio dela, foi possível compreender os mecanismos dos decaimentos radioativos, da emissão e absorção de luz pelos átomos, da produção de raios x, do efeito fotoelétrico, das propriedades elétricas dos semicondutores, entre outros fenômenos.

#### **3.2. Evolução dos Modelos Atômico: da Antiguidade a Niels Bohr.**

##### **3.2.1. Empédocles.**

Desde muito tempo, a humanidade sempre se interessou em explicar a respeito da composição da natureza da matéria, mas iniciaremos nossas discussões sobre este assunto a partir das concepções de Empédocles, nascido em 490 a.C, em Agrigento, na Magna Grécia.

Ele contribuiu com diversos estudos na área da filosofia, literatura, medicina, astronomia, física e política. Nas suas concepções, a origem do universo somente poderia ser explicada pela união de vários elementos. Seus pensamentos diferem dos primeiros filósofos, Tales de Mileto, Heráclito e Anaximandro, os quais tentavam compreender a natureza elegendo apenas um elemento primordial.

Em sua teoria existiam elementos primordiais e indestrutíveis geradores de todas as coisas, são eles: Fogo, Água, Ar e Terra. Esses elementos misturados e distribuídos em várias proporções constituíam a matéria, onde as características de cada ser eram de acordo com a predominância de um ou outro destes elementos, mas, um nunca se transforma no outro, somente se distribuíam diferentemente nos seres. Fogo e Ar determinariam a leveza dos seres, Terra e Água determinariam o peso. Por exemplo, uma árvore por ser fixa e ter um aspecto mais sólido predomina em sua composição o elemento terra, um peixe por conseguir semovimentar com mais facilidade, predomina o elemento água e um pássaro o elemento ar.

No entanto, mesmo considerando os quatro elementos fundamentais para todas as composições e transformações da natureza, a causa que provocava a junção ou separação destes elementos era extrínseca a eles, de acordo com dois princípios universais opostos: o amor, levava a harmonização ou união, o ódio, ligado à separação. Assim, o amor seria responsável pela força de atração, enquanto o ódio, pela força de repulsão. Essas duas forças cíclicas, contraditórias e cósmicas geradas pelos dois princípios mostrariam a existência das coisas no mundo.

As ideias de Empédocles foram importantes, devido à teoria dos quatro elementos ter contribuído para a continuidade das discussões e descobertas a respeito da formação, assim como, a estrutura da matéria, possibilitando entendimentos sobre que nada de novo vem ou pode vir a ser sozinho, a única mudança que pode ocorrer é uma mudança na justaposição ou organização de elemento com elemento.

### **3.2.2. Leucipo e Demócrito.**

Os filósofos da Escola de Abdera, Grécia antiga, Leucipo de Mileto, nascido em 500 a.C, e seu discípulo, Demócrito de Abdera, 460 a.C., para compreenderem melhor como ocorria a composição da matéria, dedicaram-se, principalmente, à chamada filosofia natural. São conhecidos por seus pensamentos ligados ao atomismo, considerando o átomo o menor componente de toda a matéria existente, sendo os mesmos indivisíveis, maciços, indestrutíveis,

eternos e não visíveis, podendo ser concebidos somente pelo pensamento, nunca percebidos pelos sentidos.

Ainda, segundo a teoria desses pensadores, no vazio, os átomos se agregam, desagregam-se e se movimentam, formando os seres presentes na natureza. Significa dizer, portanto, que a matéria estava constituída de átomos e vazio, mas os átomos poderiam ter formatos e tamanhos distintos. Isso explicaria a imensa diversidade de substâncias existentes. Eles pensavam também que cada substância teria um tipo específico de átomo, que daria a ela a forma que possuía. Por exemplo: a água deveria ser formada por um conjunto de átomos esféricos para que pudesse escoar, permanecendo no estado líquido.

Assim, as transformações e mudanças da matéria são explicadas pela agregação ou desagregação de átomos essenciais só conhecidos pelo pensamento, nas quais, nossas percepções, fruto da inteiração dos sentidos com o meio, não formam o conhecimento. Desse modo, o saber estaria em conhecer as formas dos átomos para se compreender como cada umas destas designam uma qualidade ou característica dos objetos que percebemos; por exemplo, triangular determina uma cor ou um sabor, os átomos de sal, como demonstra seu gosto são ásperos e pontudos. O modelo atômico de Leucipo e Demócrito serviu de base para que outros pensadores/cientistas pudessem refletir sobre o assunto e propor alterações no modelo, de acordo com as ideias e recursos da sua época.

### 3.2.3. Jonh Dalton.

Após a teoria atomística de Leucipo e Demócrito, o primeiro modelo atômico foi proposto em 1803, pelo físico e químico inglês John Dalton, em suas proposições o átomo seria uma minúscula partícula, maciça, indivisível, impenetrável, indestrutível e de cargas elétricas neutras. O Modelo de Dalton estava fundamentado nos estudos de seus experimentos sobre gases e líquidos, assim como no conhecimento dos trabalhos propostos por Lavoisier. Dalton nomeou o seu modelo atômico de bola de bilhar e, por isso, passou a representar os átomos dos elementos conhecidos em sua época por meio de símbolos esféricos.

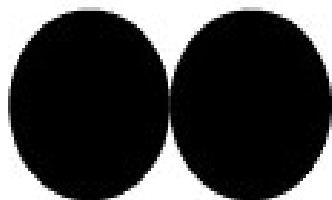
Figura 1: Representação do átomo de Dalton.



Fonte: <https://trabalhosparaescola.com.br>

Na substância  $F_2$ , por exemplo, temos dois átomos de flúor (gás flúor), por esse motivo, devemos utilizar dois tipos de átomos iguais na representação. Representação de uma substância simples, figura 2, segundo o modelo de Dalton.

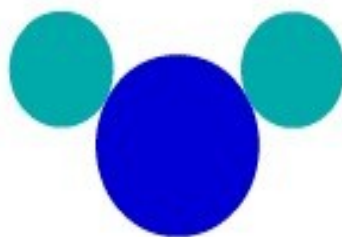
Figura 2: Substância simples modelo de Dalton



Fonte: <https://trabalhosparaescola.com.br>

A substância composta  $H_2O$  (água), por exemplo, apresenta três átomos: dois de hidrogênio e um de oxigênio. Representação de substância composta, figura 3, segundo o modelo de Dalton.

Figura 3: Substância composta segundo modelo de Dalton.



Fonte: <https://trabalhosparaescola.com.br>

John Dalton, de suas análises experimentais, concluiu que os átomos são a partícula fundamental compositora de toda matéria, eles não podem ser criados nem destruídos, são permanentes e indivisíveis. Um composto químico é formado pela combinação de átomos de dois ou mais elementos em uma razão fixa, os átomos de um mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos, já os átomos de diferentes elementos possuem propriedades diferentes, os átomos caracterizam os elementos. Quando os átomos se combinam para formar um composto, quando se separam ou quando acontece um rearranjo, são indícios de uma transformação química.

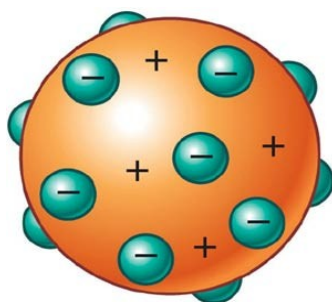
Apesar de algumas das ideias de Dalton estarem ultrapassadas, sua teoria foi crucial para o entendimento e desenvolvimento do conhecimento atômico, pois, influenciou teorias e pesquisas de outros cientistas. Considerando que conseguiu identificar sessenta e cinco elementos da natureza, comprovou com seu postulado que o átomo é indestrutível, a afirmação do químico francês Lavoisier, “em uma reação química massa se conserva porque não ocorre criação nem destruição de átomos”, permitiu a criação de leis por meio de seus princípios,

exemplo, a Teoria de Dalton afirma que os compostos são formados pela ligação dos átomos dos elementos em proporções fixas, resultando na lei da composição definida, cada átomo de um dado elemento tem a mesma massa, sendo assim, a composição deve ser sempre a mesma.

### 3.2.4. Joseph John Thomson.

O modelo atômico do inglês Joseph John Thomson (1856-1940) surgiu por volta de 1898 quando ele estudava a existência de partículas subatômicas, conseguiu comprovar os elétrons, partículas com carga negativa e menores do que o átomo. Essas partículas situavam-se numa parte do átomo onde estava presente carga positiva. Desse modo, o átomo de Thomson teria o aspecto de ameixas em um pudim, ficando conhecido como o “modelo pudim de ameixa” ou “pudim com passas”.

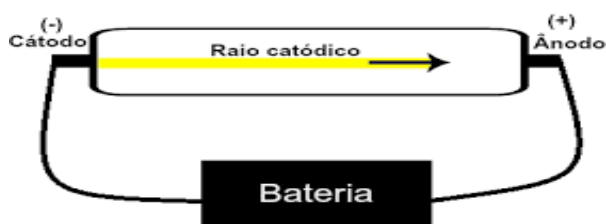
Figura 4: Representação do átomo de Thomson.



Fonte: <https://0901.static.prezi.com>

As proposições do modelo atômico de Thomson foram resultantes dos seus experimentos científicos com descargas elétricas de gases e uso da radioatividade. Em seus estudos, adaptou o tubo de Crookes, ampola de raios catódicos, para testar a natureza elétrica destes raios. No experimento, foi detectado que as partículas geradas no cátodo sofriam desvios pelo eletrodo positivo e não dependiam das outras variáveis do experimento, tais como: o gás preenchedor do tubo; o metal que compunha o cátodo, o ânodo ou os eletrodos.

Figura 5: Representação básica do tubo de Crookes.



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br>

Com o conhecimento das informações acima, Thomson determinou o desvio que o raio catódico sofrerá pelo campo magnético positivo do eletrodo, chegando à conclusão dos raios catódicos serem formados por feixes de partículas idênticas, pois eram desviados independentemente das condições, de carga negativa, de massa extremamente pequena e de menor carga elétrica. Assim, ele afirmou ser esta partícula negativa inerente a todos os átomos, denominando-a de elétron.

A partir das interpretações dos resultados dos experimentos realizados com o tubo de raios catódicos, Thomson apresentou concepções sobre o átomo e sua constituição. De acordo com ele, o átomo é uma esfera não maciça e neutra, apresenta elétrons não fixos ou presos nele, esses, possuem cargas negativas e podem ser transferidos para outro átomo em determinadas condições. Para sua carga final ser nula, ele deve apresentar partículas positivas.

Em linhas gerais, Thomson considerava o átomo como um fluido contínuo de cargas positivas, nas quais estariam distribuídos os elétrons, possuidores de carga negativa, apresentando a mesma carga, espalhados, existindo, no entanto, entre eles uma repulsão recíproca capaz de mantê-los uniformemente distribuídos na esfera. O modelo de pudim com passas de Thomson mostrava novos conhecimentos sobre o átomo, esses não haviam sido propostos por falta de embasamento científico, tais como: a natureza elétrica da matéria; divisibilidade do átomo, assim como a presença de partículas pequenas e com carga no átomo.

Apesar do modelo de J. J. Thompson contribuir de maneira importante para os avanços científicos na compreensão do átomo, ele apresentava algumas incoerências ou falhas; dentre elas, podemos citar: era muitas vezes ineficaz para explicar propriedades da composição e organização atômica, propunha estabilidade do átomo em relação à distribuição uniforme dos elétrons, o que poderia ser modificado por influência de energia, porém, a Física Clássica, com base no eletromagnetismo, não permite a existência de um sistema estável pautado apenas na repulsão entre as partículas de mesma carga, sendo assim, ficava evidente a necessidade de aperfeiçoamento do modelo.

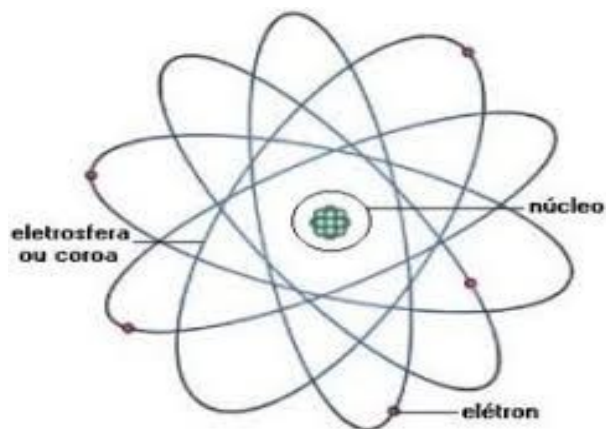
### **3.2.5. Ernest Rutherford.**

O modelo atômico do físico neozelandês Ernest Rutherford (1871 - 1937) descreve o átomo como constituído por uma região central e pequena chamada núcleo, nela se concentra baixo volume, alta densidade, praticamente toda a massa do átomo, bem como a carga positiva, prótons. Há também uma região mais extensa com grandes espaços vazios, eletrosfera, na qual se encontram os elétrons com carga negativa, girando em torno do núcleo. Esse modelo foi



apresentado à comunidade científica no ano de 1911, ficando conhecido como modelo sistema solar (o núcleo representa o sol e a eletrosfera é comparada às órbitas descritas pelos planetas no sistema solar) ou sistema planetário.

Figura 6: Representação do Átomo de Rutherford.

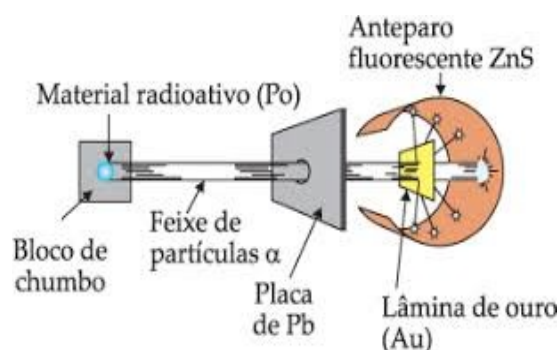


Fonte: <http://3.bp.blogspot.com>

A construção do modelo do átomo de Rutherford é resultado de seus estudos a respeito das propriedades dos raios X e das emissões radioativas, utilizando radiação sobre um artefato inerte, isto é, não reage facilmente. A experiência consistia em lançar contra uma finíssima lâmina de ouro, um feixe de partículas de carga positiva emitidas por uma fonte radioativa, pois, os elementos radioativos podem emitir radiação de alta energia em forma de partículas alfa, partículas beta e raios gama.

Na ilustração abaixo (figura 7), é demonstrado o experimento de Rutherford, no qual temos uma amostra do elemento radioativo polônio (Po) dentro de um bloco de chumbo. A radiação alfa ( $\alpha$ ) saindo do polônio passava por um pequeno orifício do bloco (placa) de chumbo em direção a uma finíssima lâmina de ouro. Atrás dessa lâmina de ouro, havia um anteparo fluorescente, recoberto de sulfeto de zinco, onde mostraria uma luminosidade quando atingido pelas partículas alfa.

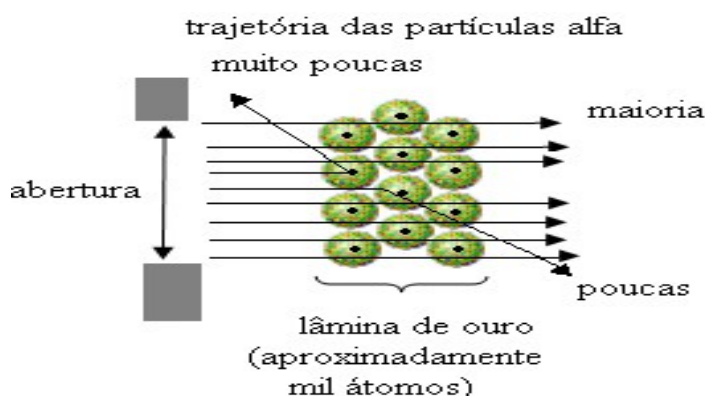
Figura 7: Representação do Experimento de Rutherford.



Fonte: <http://4.b.blogspot.com>

Na observação dos resultados do experimento, constatou-se que a maioria das partículas alfa continuou sua trajetória atravessando a lâmina de ouro, poucas partículas atravessaram a lâmina, desviando-se de sua trajetória e uma outra pequena quantidade de partículas foram refletidas, não atravessando a lâmina. As ilustrações abaixo (figura 8) demonstram as explicações das conclusões do experimento de Rutherford.

Figura 8: Ilustração dos resultados do experimento de Rutherford.

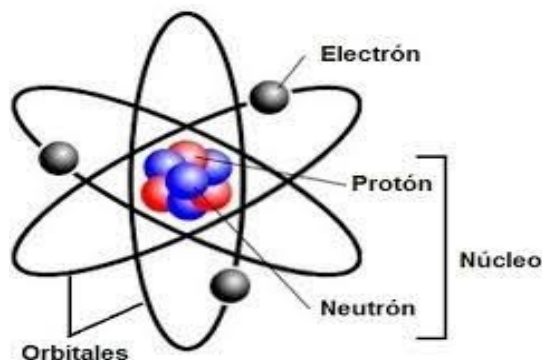


Fonte: <https://static.biologianet.com>

Das evidências dos resultados do experimento, Rutherford concluiu acerca do fato da grande maioria das partículas alfa ter atravessado a lâmina de ouro sem empecilho, possivelmente, o átomo possuía espaços vazios, enquanto o fato de poucas partículas atravessarem a lâmina de ouro sofrendo um desvio na sua trajetória, indicava que elas se aproximavam de alguma região do átomo com cargas idênticas a delas, isto é, carga positiva, sendo assim repelidas, sobre o fato de uma pequena quantidade de partículas ser rebatida pela lâmina de ouro, indicava que elas se chocaram em uma região maciça do átomo impedindo a passagem, com carga igual, isto é, positiva. A partir desses conhecimentos, ele confirmou o átomo com muitos espaços vazios e seu centro muito menor considerando todo o seu diâmetro, dessa forma, descobriu a eletrosfera.

Como já mencionamos, Rutherford sabia que o átomo era formado por um núcleo, onde se concentrava a carga positiva, por uma eletrosfera, com concentração de carga negativa. Mas, a respeito do nêutron, ele apenas supunha sua existência. Somente no ano de 1932, o físico inglês James Chadwick utilizando a conservação da quantidade de movimento, realizou uma experiência onde se comprovou a existência do nêutron. Com a confirmação da terceira partícula subatômica (nêutron), alterou-se um pouco o modelo de Rutherford. O núcleo atômico era composto pelos prótons (partículas positivas) e nêutrons (partículas neutras), constituindo praticamente a massa total do átomo, e na eletrosfera, os elétrons (partículas negativas).

Figura 9: Ilustração do modelo de Rutherford com Prótons, Nêutrons e Elétrons.



Fonte: <http://3.bp.blogspot.com>

O modelo do átomo de Rutherford evidenciava incoerências no modelo do átomo de Thomson, por exemplo, a ausência do núcleo, substituindo-o, tornando-se a base da teoria atômica. Porém, apesar dos avanços, ele ainda apresentava falhas apontadas pela teoria do eletromagnetismo clássico de Maxwell. As partículas com carga elétrica emitem uma onda eletromagnética quando são aceleradas, seguindo o modelo de Rutherford, o elétron perderia energia e cairia sobre o núcleo, mas não é o que acontece. A evolução do modelo continuou acontecendo. No entanto, Niels Bohr com outras contribuições resolveu as lacunas existentes no modelo de Rutherford.

### 3.2.6. Niels Bohr.

O físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), em 1913, propôs o modelo quântico do átomo de hidrogênio combinando com as ideias de Planck, Einstein e Rutherford. O átomo de Bohr fundamentava-se em postulados, princípios físicos que descrevem os elétrons existentes nos átomos para resolver o dilema do átomo estável, ou seja, os problemas do modelo de Rutherford, explicando por que os elétrons ao perderem energia não caíam de forma circunada no núcleo como estava prevendo o eletromagnetismo clássico de Maxwell.

Para estabelecer seus postulados, Bohr admitiu que quando um gás emite luz, uma corrente elétrica passa por ele, explicando por que os elétrons, em seus átomos, absorvem energia elétrica e depois a liberam na forma de luz. A partir dessas informações, ele deduziu a existência, no átomo, de um conjunto de energia disponível para seus elétrons, isto é, a energia de um elétron em um átomo é quantizada. Posteriormente, o conjunto de energias quantizadas foi chamado de níveis de energia. A seguir descrevemos os princípios de Bohr.

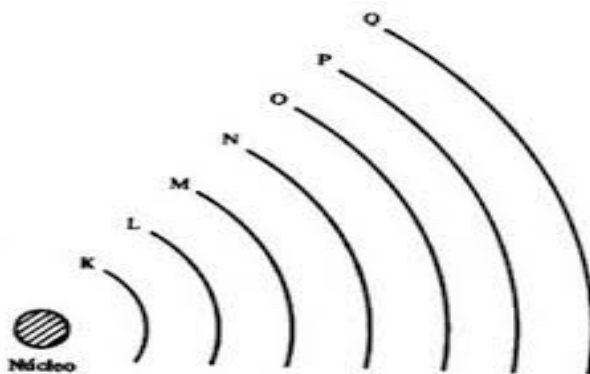
**Estados Estacionários:** O elétron se movimenta em torno do núcleo em órbitas possíveis, definidas e circulares, sob a influência da força elétrica coulombiana. Mas, somente um conjunto discreto de órbitas é estável e, nestes estados, o átomo não irradia nem emite ou absorve energia.

**Emissão e Absorção de Radiação:** Um elétron em estado fundamental ou estacionário inicial,  $E_i$ , com energia maior, ao passar para outro estado estacionário  $E_f$ , com energia menor, emite radiação. Se o estado inicial for o de menor energia o átomo pode absorver um fóton (um quantum de energia), com energia dada por:  $E = E_f - E_i = \theta E = hf$  (I), no qual  $h$  é a constante de Planck,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  ou  $4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ , e  $f$ , a frequência de radiação eletromagnética. Quer dizer, fornecendo energia a um átomo, um ou mais elétrons pode(m) absorvê-la e saltar para níveis mais afastados do núcleo. Ao voltarem às suas órbitas originais, devolvem a energia recebida na forma de emissão de radiação eletromagnética.

**Quantização do Momento Angular:** O tamanho das possíveis órbitas do elétron é determinado pela condição de quantização do momento angular, conforme a equação a seguir:  $mvr = \frac{nh}{2\pi}$  (II), com  $n = 1, 2, 3, \dots$ ,  $m$  e  $v$ , respectivamente, massa e velocidade do elétron,  $r$  é o raio da órbita do elétron,  $h$  constante de Planck,  $n$  é o número quântico definidor dos valores discretos do momento angular.

Os elétrons estão distribuídos ao redor do núcleo em sete camadas eletrônicas, identificadas pelas letras maiúsculas: K, L, M, N, O, P e Q. À medida que as camadas se afastam do núcleo, aumenta a energia dos elétrons nelas localizados. As camadas da eletrosfera representam os níveis de energia da eletrosfera. Assim, as camadas K, L, M, N, O, P e Q constituem os 1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 6º e 7º níveis de energia, respectivamente.

Figura 10: Representação da Distribuição das Camadas Eletrônicas.



Fonte: <https://i0.wp.com/www.tabelaperiodicacompleta.com>

A energia correspondente a cada órbita foi calculada por Bohr, descreveremos como obter tais resultados. Considerando a força elétrica atuando como uma força centrípeta, temos:

$$\frac{mv^2}{r} = k \frac{e^2}{r^2} \quad (\text{III})$$

Daí, chegamos em:

$$mv^2 = k \frac{e^2}{r} \quad (\text{IV})$$

Como a energia cinética do elétron corresponde a  $E_c = \frac{1}{2}mv^2$  (VI), comparando a equação III, temos:

$$E_c = k \frac{e^2}{2r} \quad (\text{VII})$$

Sendo a energia potencial e total do elétron dadas, respectivamente por:

$$E_p = -k \frac{e^2}{r} \quad (\text{VIII}) \quad \text{e} \quad E = E_c + E_p \quad (\text{IX})$$

Dessa forma temos:

$$E = k \frac{e^2}{2r} - k \frac{e^2}{r} = -k \frac{e^2}{2r} \quad (\text{X})$$

Da proposição de Niels Bohr, equação II, o produto  $mvr$  deveria ser múltiplo inteiro ( $n$ ) de  $h/2\pi$ , assim podemos fazer:

$$v = \frac{nh}{2\pi mr} \quad (\text{XI})$$

Fazendo a substituição da equação VII na equação III, temos:

$$m \left( \frac{nh}{2\pi mr} \right)^2 = k \frac{e^2}{r} \quad (\text{XII})$$

Teremos:

$$\frac{mn^2h^2}{4\pi^2m^2r^2} = k \frac{e^2}{r} \quad (\text{XIII})$$

$$\frac{n^2h^2}{4\pi^2mr^2} = k \frac{e^2}{r} \quad (\text{XIV})$$

$$\frac{n^2h^2}{4\pi^2mr} = ke^2 \quad (\text{XV})$$

$$\frac{4\pi^2mr}{n^2h^2} = \frac{1}{ke^2} \quad (\text{XVI})$$

Logo:

$$r = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m k e^2} \quad (XVII)$$

$$r = \frac{h^2}{4\pi^2 m k e^2} \cdot n^2 \quad (XVIII)$$

Substituindo a equação VIII na equação VI:

$$E = \frac{-2\pi^2 m k^2 e^4}{h^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad (XIX)$$

Com essa última equação (XIX), consegue-se determinar a energia do elétron nas órbitas permitidas, sendo  $n = 1$  correspondente ao estado fundamental de menor energia, do qual o elétron só sairá se for excitado através de um fóton recebido, saltando para um estado mais energético, onde ele permanecerá por intervalo de tempo extremamente curto, voltando para o estado fundamental emitindo um fóton de energia. O modelo atômico de Bohr também previa a existência de órbitas presentes entre os níveis conhecidos de energia, denominando-as órbitas proibidas. Nessas órbitas os elétrons não poderiam permanecer e acabariam emitindo a energia excedente no traslado de um nível para o outro.

O modelo atômico de Bohr, embora tenha aperfeiçoado o modelo de Rutherford e conseguido explicar bem o átomo monoelétrico do hidrogênio, necessitava de aperfeiçoamentos por não esclarecer o espectro de raia formado por elementos com mais elétrons. Como seu modelo está ligado à Mecânica Quântica, a partir da década de 20, Erwin Schrödinger, Louis de Broglie e Werner Heisenberg, principalmente, contribuíram de forma relevante para o aperfeiçoamento do modelo da estrutura atômica.

### 3.3. Constituição do Átomo e Características das Partículas.

O átomo compõe a estrutura constituinte da matéria sendo dividido em núcleo e eletrosfera. O núcleo é a região mais densa e central onde se concentra a massa do átomo. A eletrosfera é a região periférica localizada ao redor do núcleo, formada por órbitas. Nessas regiões existem partículas elementares ou não, podendo ter carga elétrica ou ser neutra, cada uma apresenta características e comportamentos próprios, suas interações acontecem por meio das forças gravitacional, eletromagnética, nuclear fraca e nuclear forte.

Na atualidade, já se conhece mais de 200 partículas subatômicas, detectadas em aceleradores de partículas sofisticados ligados à tecnologia avançada. No entanto, a minoria é elementar ou fundamental, ou seja, não é formada por outras partículas. O modelo da física de partículas teoriza como as partículas interagem na construção da matéria, classifica as partículas em dois grupos, são eles: partículas de matéria ou férmions (quarks, léptons, antiquarks e antiléptons), algumas se combinam para produzir tudo conhecido até hoje, e partículas de força/antimatéria ou bósons (bósons, fóton e bóson de Higgs), mediam as interações entre os férmions. A seguir, descreveremos aspectos físicos e comportamentais de algumas partículas.

**Léptons:** São partículas subatômicas, participam somente das interações das forças eletromagnética e nuclear fraca, movimentam-se livremente, estão na eletrosfera, no total são seis, sendo elas: elétron ( $e^-$ ), o mais conhecido, tau ( $\tau^-$ ) e muon ( $\mu^-$ ), as três com carga elétrica negativa, neutrino do elétron ( $\nu_e$ ), neutrino do tau ( $\nu_\tau$ ) e neutrino do muon ( $\nu_\mu$ ). Os léptons podem decair, transmutar-se em outros Léptons, o muon e o tau são instáveis, sendo que este último, desintegra-se espontaneamente em partículas apresentadoras de uma estrutura, isto é, uma partícula elementar pode gerar uma partícula não elementar.

**Elétrons:** Partículas elementares, parece não ter qualquer estrutura interna, localizados na eletrosfera e distribuídos em camadas ou níveis de energia onde se movimentam, gerando grandes campos eletromagnéticos. Eles possuem carga elétrica negativa, são pouco massivos,  $9,109389 \cdot 10^{-31}$  Kg, cerca de 1840 menor que a massa do próton, a antipartícula é o pósitron, essa, possui a mesma massa do elétron e carga positiva.

**Prótons:** Partículas não elementares constituídas de três quarks e localizados no núcleo atômico de onde não saem, só sofrem mudanças em reações nucleares de fusão ou fissão, possuem carga elétrica positiva e são massivos,  $1,673 \cdot 10^{-27}$  Kg. O número de prótons existente no núcleo é chamado de número atômico ( $Z$ ), responsável pela diferenciação de um elemento químico de outro, ou seja, cada elemento químico é formado por um conjunto de átomos possuidores do mesmo número atômico ou a mesma quantidade de prótons.

**Nêutrons:** Partículas compostas por três quarks divididos em dois tipos: **u** e **d**, um quark up e dois quarks down, encontram-se no núcleo, não possuem carga elétrica, manifesta desprezível interação com o campo magnético, reduzem a força de repulsão entre os prótons no núcleo atômico, não é encontrado apenas no Hidrogênio, apresentam massa um pouco maior que a do próton, caso contrário, se os prótons fossem mais massivos do que os nêutrons, todos os prótons seriam transformados em nêutrons.

**Fótons:** São partículas compositoras da luz e toda energia eletromagnética (ondas de rádio, raio x, micro-ondas e outras), não possuem massa de repouso nem carga elétrica, são estáveis, podem ser destruídos ou criados por muitos processos naturais, interagem com outras partículas, por exemplo, elétrons, no vácuo viaja a velocidade da luz. Os fótons na interação com a matéria podem fornecer energia, quando a energia dos fótons é absorvida pela matéria, a matéria pode emitir elétrons. Este processo é chamado efeito fotoelétrico.

Segundo Albert Einstein, um fóton deve possuir uma quantidade fixa de energia, sendo a energia mínima de uma onda eletromagnética resultante do produto  $h \cdot f$ ,  $h$  é a constante de Planck, que possui valor de  $6,63 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$  ou  $4,14 \times 10^{-15} \text{eV}\cdot\text{s}$  e  $f$  é a frequência da radiação eletromagnética (Hz), qualquer valor de energia para uma radiação eletromagnética deve ser um múltiplo inteiro desse produto. Definida pela seguinte equação:  $E = h \cdot f$ , onde  $E$  é a energia pertencente ao fóton. Quando um fóton interage com a matéria, ocorre transferência de energia, portanto, pode-se definir que esse elemento possui movimento linear ( $\mathbf{p}$ ), também chamado de quantidade de movimento, dado por:  $\mathbf{p} = h/\lambda$ ,  $\lambda$  (lambda) é o comprimento de onda.

**Quarks:** Partículas básicas constituintes da matéria, estão sempre em grupo de três, não detectadas separadamente, são as únicas partículas que interagem através de todas as quatro forças fundamentais. Apresentam uma unidade de carga hadrônica, aparecendo em três cores diferentes, e segundo a Cromodinâmica Quântica, teoria estudiosa dos quarks, eles podem formar estados ligados de dois ou de três. Os pares de quarks são chamados de mésons e os trios de bárions.

Podemos classificar os quarks em seis tipos, estes são: **Up** (para cima), é o quark mais leve, um próton possui dois Up e um nêutron um, **Down** (para baixo), faz dupla com o Up na constituição da matéria, um próton possui um Down e um nêutron dois, **Charm** (charme), só aparece em aceleradores de partícula sendo maior que o Up e o Down, **Strange** (estranho), forma par com o Charm, sendo, porém, muito massivo para permanecer inteiro na natureza, **Top** (topo), o mais massivo de todos, sua massa é igual a de um átomo de ouro, **Bottom** (fundo), muito pesado para existir na atualidade, nos aceleradores de partícula dura apenas um milionésimo de milionésimo de segundo.

**Neutrinos:** Partículas neutras, como o nêutron, mas com a diferença de serem mais leves e pouco massivos, praticamente não interagem com a matéria, são capazes de atravessar inúmeros objetos, incluindo nosso corpo e até planetas inteiros sem interagir com nenhuma partícula. **Muon:** Partícula elementar, apresenta características semelhantes ao elétron, mas com uma massa aproximadamente 200 vezes maior. **Hádrons:** Partícula não fundamental, pode



ser formada por três quarks, denominados bárions, ou por apenas um quark e um antiquarks, os mésons. **Pion**: Partícula composta por um quark e um antiquarks, são mésons leves e instáveis, quando carregados normalmente decaem em múons e neutrinos do múon, quando neutros, em raios gama.

### **3.4. Radiação: Partícula Alfa, Partícula Beta, Raios Gama e Raios X.**

As radiações são processos físicos de emissão e propagação de energia podendo ser eletromagnética ou corpuscular. Na primeira forma, locomove-se como uma onda eletromagnética constituída por um campo elétrico e um campo oscilantes e perpendiculares entre si. Na segunda forma, propaga-se como partículas subatômicas, como prótons, elétrons e nêutrons, surgidas através de fissão nuclear, por exemplo.

De acordo com sua origem, as radiações são classificadas em naturais, não produzidas com recursos tecnológicos e ocorrem espontaneamente, ou artificiais, produzidas por uso de tecnologia. Quanto ao tipo, podem ser agrupadas como ionizantes, quando transportam energia suficiente para produzir ionização, fenômeno no qual o elétron é arrancado do átomo, e não ionizantes.

As radiações ionizantes causam ionização, além de excitação dos átomos e moléculas, provocando modificação, pelo menos temporária, na estrutura molecular. Por exemplo, em contato com os átomos, promovem a saída de elétrons das órbitas, fazendo o átomo passar a ser um cátion, ou seja, fique positivamente carregado. Podemos classificá-las em radiações ionizantes diretas, possuem cargas elétricas, partículas alfas e beta, bem como radiações ionizantes indiretas, são aquelas sem carga elétrica, raios gama e raios X.

As radiações não ionizantes, não provocam ionização e excitação dos átomos e moléculas, não retiram elétrons das órbitas dos átomos, assim, eles permanecem estáveis. São exemplos de radiações não ionizantes: Infravermelha: localizada abaixo do vermelho no diagrama de energia, possui comprimento de onda entre 700 nm e 50000 nm; Micro-ondas: produzidas por sistemas eletrônicos a partir de osciladores apresentam frequência mais elevada comparada às ondas de rádio, podem transportar sinais de comunicações eletrônicas e cozinhar alimentos, entre outras funções; Luz visível: possui comprimento de onda de 400 nm a 700 nm, é capaz de sensibilizar nossa visão; Ultravioleta: emitida por alguns átomos excitados, acompanhando a emissão de luz, e Ondas de rádio: utilizadas em transmissão de rádio,

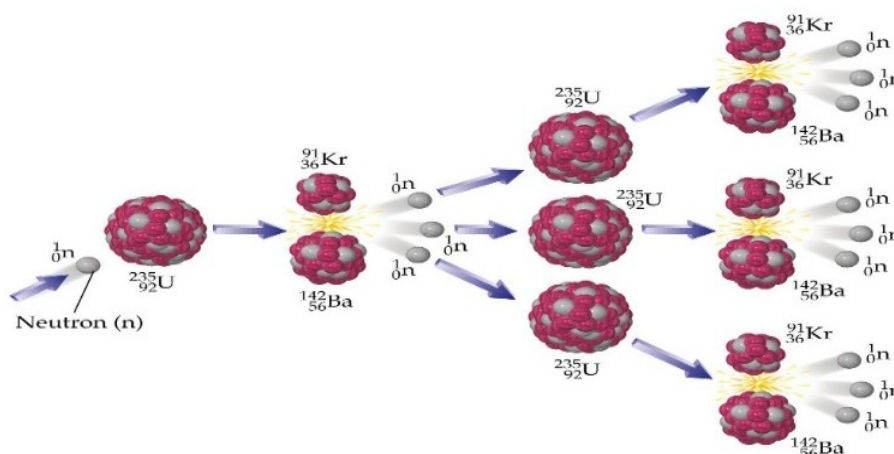
apresentam baixa frequência, em torno de  $10^8$  Hz, com comprimento de onda de 1 cm a 10000 nm.

Dentre as manifestações radioativas, destacamos a radioatividade, fenômeno nuclear resultante da emissão de energia por átomos, provocada em decorrência de uma desintegração, ou instabilidade, do núcleo atômico. Desta forma, um átomo pode se transformar em outro átomo para restabelecer estabilidade, quando isso acontece, há emissão de partículas ou radiação eletromagnética. Em geral, partícula alfa ( $\alpha$ ) constituída por dois prótons e dois nêutrons, partícula beta ( $\beta$ ), o nêutron se desintegra em um próton e um elétron, e este é expulso do núcleo, ou radiação gama ( $\gamma$ ), correspondente à energia excedente emitida por um núcleo instável, após a emissão de partículas alfa ou beta.

O fenômeno da reação nuclear de eliminação de partículas para se alcançar um núcleo mais estável é classificado como Fissão Nuclear, fragmentação de um núcleo em partes menores, nesse processo acontece liberação de grande quantidade de energia, ou Fusão Nuclear, núcleos menores se unem formando outros maiores, há liberação de enorme quantidade de energia, mas necessita de temperatura elevadíssima para se iniciar.

A reação de fissão acontece por meio da ação das forças nucleares, geralmente quando o núcleo pesado é atingido por um nêutron e libera uma imensa quantidade de energia. No processo de fissão de um átomo, à cada colisão são liberados novos nêutrons. Os novos nêutrons irão colidir com novos núcleos, provocando a fissão sucessiva de outros núcleos, estabelecendo uma reação em cadeia, a falta de nêutrons pode tornar a distância entre prótons tão pequena que a repulsão se torna inevitável, resultando na fissão do núcleo, devido à força nuclear ser de curto alcance, o excesso de nêutrons pode acarretar em uma superfície de repulsão eletromagnética insustentável, resultando na fissão do núcleo.

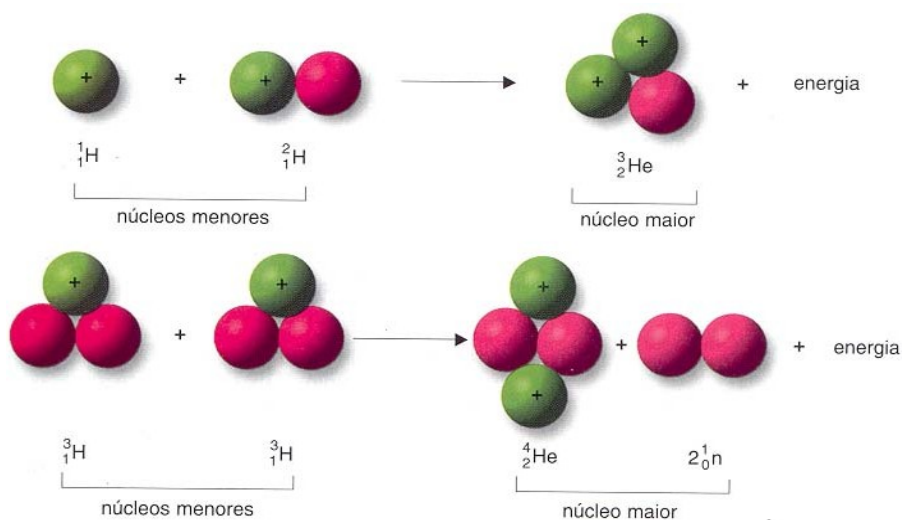
Figura 11: Representação de um Processo de Fissão Nuclear.



Fonte: <http://wps.prenhall.com>

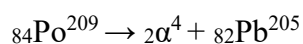
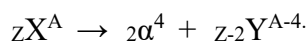
A reação de fusão nuclear acontece por causa da ação das forças nucleares em núcleos pequenos, ocorrendo devido à necessidade de haver a colisão e a junção de dois núcleos, a repulsão das cargas positivas desses núcleos será menor; mesmo assim, precisa-se de uma energia cinética muito alta para vencer essa repulsão e gerar a colisão. Por exemplo, quando átomos de hidrogênio se juntam para formar um átomo de Hélio, existe grande perda de massa que é transformada em energia. Esta é a Fusão Nuclear, processo gerador da luz e calor do Sol.

Figura 12: Representação do processo de Fusão Nuclear.



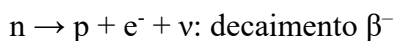
Fonte: <http://pm1.narvii.com>

Na ocorrência de um decaimento alfa ( $\alpha$ ), o núcleo atômico, aqui denominado X, emite uma partícula alfa, núcleo de hélio ( ${}^4\text{He}$ ) constituído por dois prótons e dois nêutrons, transformando-se no novo núcleo, no qual denominaremos por Y. Quando um núcleo radioativo emite uma partícula alfa, seu número atômico (Z) diminui de 2 unidades e seu número de massa (A) diminui de 4 unidades. Alfa ( $2\alpha^4$ ), conforme os seguintes exemplos:

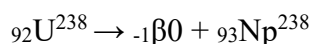
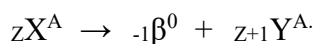
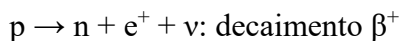


O decaimento beta ( $\beta$ ) ocorre em núcleos em excesso, ou falta de nêutrons para adquirir estabilidade. Nesse processo quando um núcleo emite uma partícula beta, seu número atômico aumenta de uma unidade, enquanto sua massa fica inalterada. No decaimento beta menos, um dos nêutrons no interior do núcleo emite um elétron e um anti-neutrino, transformando-se em um próton. No decaimento beta mais, um dos prótons no interior do núcleo emite um pósitron (anti-elétron) e um neutrino, transformando-se em um nêutron. Beta ( $-1\beta^0$ ), conforme os seguintes exemplos:

Decaimento beta menos:



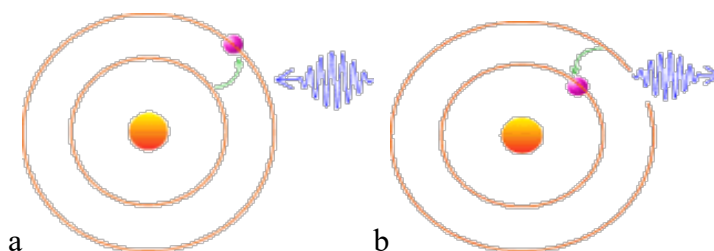
Decaimento beta mais:



As radiações gama ( $\gamma$ ) são ondas eletromagnéticas, apresentam comprimento no intervalo de energia superior a 10 KeV, propagam-se no ar ou no vácuo a uma velocidade de 300.000 km/s, não são desviadas por campos elétrico ou magnético, apresentam elevado poder de penetração, inclusive, são mais penetrantes que o raio X e as partículas alfa e beta.

Os Raios X também são radiação eletromagnética, como as gamas, com comprimento de onda no intervalo de  $10^{-11}\text{m}$  a  $10^{-8}\text{m}$  (0,1 a 100 Å), são obtidos por meio de um aparelho chamado de Tubo de Coolidge, um tubo a vácuo contendo de um cátodo, polo negativo. Quando esse cátodo é aquecido por uma corrente elétrica devido ao efeito termiônico, ele emite grande quantidade de elétrons, estes são fortemente atraídos pelo ânodo, polo positivo, chegando a este com grande energia cinética. Quando eles se chocam com o ânodo, transferem energia para os elétrons presentes nos átomos dos ânodos. Os elétrons com energia são acelerados e emitem ondas eletromagnéticas, os raios X. Eles, não têm origem nuclear e surgem do “salto quântico” de elétrons para camadas mais externas e, ao retornarem à origem, emitem onda eletromagnética. É um dos postulados de Bohr.

Figura 13: Representação do salto quântico do elétron. Calor (a) e raio X (b)



Fonte: <http://2.bp.blogspot.com>

Os raios X foram descobertos em 1895 por Wilhelm Roentgen, têm a propriedade de atravessar materiais de baixa densidade, como os músculos do corpo humano, são absorvidos por materiais com densidades mais elevadas, como os ossos. Eles são largamente utilizados para realização de radiografias com o propósito de diagnosticar fraturas nos ossos, infecções, osteoporose, tumores, alterações do coração e pulmão. Além disso, podem ainda ser usados

quando se engole algum tipo de objeto, por exemplo, para identificar o local onde se encontra uma moeda no corpo humano e permitir que o médico escolha a melhor técnica para retirá-la.

Os conhecimentos sobre o átomo, suas características e propriedades, têm permitido diversas aplicações da Física Atômica e Nuclear, por exemplo, podemos citar: a geração de energia elétrica em usinas nucleares, detecção de poluição, emissões termelétricas, emissões fotoelétricas, produção de armas, dentre tantas outras. Na medicina, temos a área Medicina Nuclear, utiliza isótopos radioativos, radiação nuclear, variações eletromagnéticas dos componentes do núcleo atômico e técnicas biofísicas direcionadas à investigação médica com o intuito de realizar prevenção, diagnóstico e terapêutica.

### **3.5. Radioatividade: Raios X e Radioterapia.**

#### **3.5.1. Radioterapia.**

A radioatividade tem larga aplicação em nossa sociedade, inclusive, na medicina, na qual usa-se isótopos, diagnósticos, tratamentos, detecção de drogas, assim como hormônios no organismo, e raios X, usados em equipamentos radiológicos para exames de imagem. Podendo ainda, serem utilizados em química de contraste, identificação de estruturas como vasos sanguíneos e músculos, tomografia computadorizada, conseguir imagens detalhadas de várias partes do corpo e radioterapia, com a finalidade de combater o câncer.

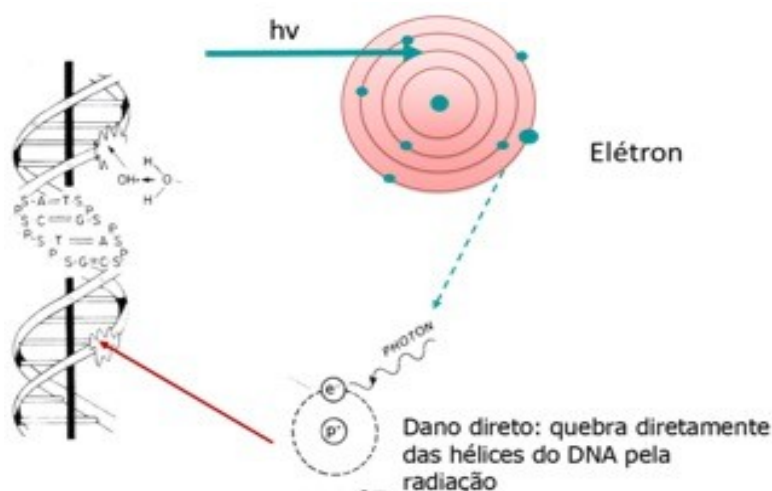
A radioterapia é um tratamento localizado para o câncer, na qual utiliza-se radiação de alta energia para impedir as células cancerígenas de se proliferarem, existindo três formas de tratamento, utilizadas de acordo com o tipo e o tamanho do tumor a ser tratado, são elas: **Braquiterapia:** A radiação é enviada ao corpo através de aplicadores especiais, como agulhas ou fios colocados diretamente no local a ser tratado com o objetivo de concentrar a dose de radiação numa pequena área, exemplos: câncer da próstata e útero. **Injeção de Radioisótopos ou Teleterapia:** um líquido radioativo é aplicado diretamente na corrente sanguínea do paciente, sendo normalmente usada em casos de câncer de tireoide. **Radioterapia com Feixe Externo:** radiação mais comumente utilizada, emitida por um aparelho direcionado para o local a ser tratado.

As fontes de energia utilizadas na radioterapia geram radiações ionizantes a partir da energia elétrica, nesse caso, liberando raios X e elétrons, ou a partir de fontes de isótopo radioativo, como, por exemplo, pastilhas de cobalto, as quais geram raios gama. Esses aparelhos são usados como fontes externas, mantendo distâncias da pele de 1 centímetro a 1 metro (Teleterapia). No caso dos raios X, a radiação é aplicada em vários ângulos diferentes, onde

cada dose, pré-calculada, em um determinado tempo, reage com o volume de tecido do tumor, buscando erradicar todas as células tumorais, com o menor dano possível às células saudáveis circunvizinhas, à custa das quais se fará a regeneração da área irradiada.

Na incidência radioativa, há um efeito imediato sobre as células malignas, ou seja, uma destruição na hélice do DNA (Figura 14) matando a célula tumoral naquela hora, ou deixando-a danificada para morrer a partir de um efeito tardio ocorrente no meio onde a célula está provocando alterações. A sensibilidade das células à exposição dos raios não é idêntica em todas elas, o tumor tem um tipo de sensibilidade à radiação, enquanto as células sadias, outro. Ou seja, quando se irradia um tumor, a absorção é maior nas células tumorais e menor nos tecidos sadios. Se o tumor não tivesse a propriedade de absorção seletiva dos raios, nunca poderíamos fazer radioterapia. Na atualidade, para tratamentos com radioterapia se usa bastante os aceleradores eletrostáticos e cíclicos.

Figura 14: Representação da radiação quebrando as hélices de um DNA.



Fonte: <http://www.cnem.gov.br>

### 3.5.2. Raios X e Aceleradores Eletrostáticos.

Os aceleradores eletrostáticos funcionam a partir de um campo eletrostático fruto de uma diferença de potencial, constante no tempo, cujo valor determina a energia cinética final das partículas aceleradas. Como os campos eletrostáticos são conservativos, a energia cinética obtida pelas partículas depende unicamente do ponto de partida e do ponto de chegada. Dessa forma, não pode ser maior do que a energia potencial correspondente à diferença de potencial máxima presente na máquina. A energia que um acelerador eletrostático pode alcançar é limitada pelas descargas ocorrentes entre o terminal de alta tensão e as paredes da câmara do

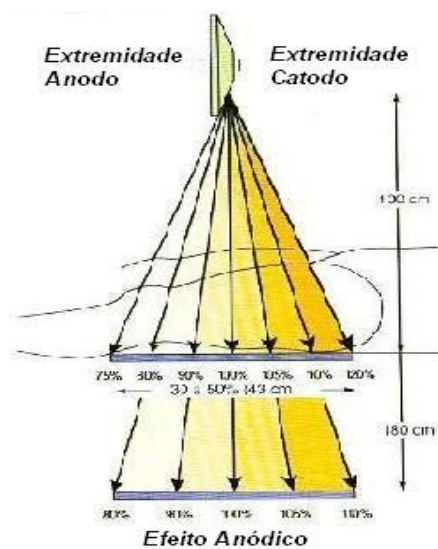
acelerador quando a queda de tensão excede a um valor crítico, geralmente na ordem de milivolt. Exemplos, os tubos de raios X superficiais de ortovoltagem e os emissores de nêutrons.

Os feixes de raios X para uso clínico são produzidos quando elétrons são acelerados em tubos com diferenças de potencial variante entre 10 kV e 50 MV, alcançando energias cinéticas entre 10 keV e 50 MeV, sendo desacelerados ao baterem em alvos metálicos especiais. Na interação com o alvo, a maior parte da energia cinética dos elétrons é transformada em calor e uma pequena fração é emitida na forma de fótons de raios X, divididos em função de sua formação, em raios X característicos e raios X de freamento. Esse último resulta das interações coulombianas entre os elétrons incidentes e os núcleos dos átomos do material do alvo. Durante estas interações, os elétrons incidentes são desacelerados e perdem parte da sua energia cinética na forma de fótons de Bremsstrahlung.

### 3.5.3. Raios X e Efeito Anódico.

O efeito anódico descreve um fenômeno no qual a intensidade da radiação emitida da extremidade do catodo do campo de raios X é maior do que aquela na extremidade do anodo. Isso é devido ao ângulo da face do anodo, havendo maior atenuação ou absorção dos raios X na extremidade do anodo. A diferença na intensidade do feixe de raios X entre catodo e anodo pode variar de 30% a 50%. Na realização de estudos radiológicos do fêmur, perna, úmero, coluna lombar e torácica deve-se levar em conta a influência do efeito anódico.

Figura 15: Representação do efeito anódico.

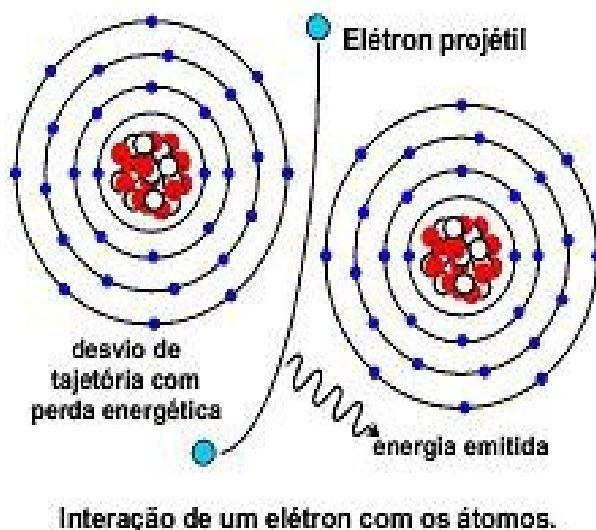


Fonte: <http://radiologiavax.blogspot.com>

### 3.5.4. Radiação de Freamento (Bremsstrahlung).

A radiação de freamento é produzida quando um elétron passa próximo ao núcleo de um átomo de tungstênio, sendo atraído pelo núcleo deste e desviado de sua trajetória original. Com isto, o elétron perde uma parte de sua energia cinética original, emitindo parte dela como fótons de radiação, de alta e baixa energia e comprimentos de onda diferentes, dependendo do nível de profundidade atingida pelo elétron do metal alvo. Isto é, enquanto penetra no material, cada elétron sofre uma perda energética geradora de radiação (fótons) com energia e comprimento de onda também menores. Se formos considerar percentualmente a radiação produzida.

Figura 16: Representação da Radiação de Freamento.



Fonte: <http://www.tecnologiaradiologica.com>

### 3.5.5. Aceleradores Cíclicos.

Os aceleradores cíclicos usam campos elétricos variáveis e não conservativos vinculados com um campo magnético variável, resultando em caminhos fechados ao longo dos quais as partículas ganham energia cinética, se as partículas forem forçadas a seguir um caminho fechado, muitas vezes repetidamente, obtém-se um processo de aceleração gradual, não limitado à diferença de potencial máxima presente no acelerador. Dessa forma, a alta energia cinética final das partículas é conseguida ao submetê-las várias vezes a uma mesma diferença de potencial, relativamente pequena, onde cada ciclo adiciona uma pequena quantidade de energia e o elétron percorre uma trajetória cíclica, exemplo: o acelerador linear.



Os aceleradores lineares são equipamentos que utilizam micro-ondas com frequências de aproximadamente 3 GHz para acelerar elétrons até atingirem energias cinéticas entre 4 MeV e 25 MeV em um tubo linear. Os elétrons acelerados podem formar feixes de elétrons de alta energia para tratar tumores superficiais, ou podem atingir um alvo, ser por ele freado e gerar feixes de fótons (Bremsstrahlung) para tratar tumores profundos. Os principais componentes para a formação do feixe no acelerador linear moderno são geralmente agrupados em sistema de injeção de elétrons, sistema de geração da radiofrequência, guia de onda, sistema auxiliar, sistema de transporte do feixe e sistema de monitoramento e colimação do feixe.

Em aceleradores lineares de uso clínico são usados dois tipos de canhão de elétrons, um acelerador eletrostático, no qual o sistema de injeção é a fonte de elétrons, são eles: diodo e triodo. O sistema de geração de radiofrequência gera a radiação de micro-ondas usada no guia de ondas e consiste, principalmente, em uma fonte de energia de radiofrequência, magnéton, acelera os elétrons, ou klystron, amplifica a baixa potência de radiofrequência, e um modulador de pulso.

A fonte de energia de radiofrequência é um dispositivo acelerador e desacelerador dos elétrons no vácuo para produção de campos de radiofrequência, de alta potência. O modulador de pulso produz alta tensão, aproximadamente 100 kV, alta corrente, aproximadamente 100 A, e pulsos de curta duração, aproximadamente 1 s, para suprir as necessidades da fonte de radiofrequência e do sistema de injeção de elétrons.

O guia de ondas é uma estrutura retangular, metálica ou uma seção circular usada na transmissão de micro-ondas. Existem dois tipos de guia de ondas utilizados nos aceleradores lineares: guia de ondas de Radioterapia, transmissão de energia de radiofrequência, e guia de ondas de onda estacionária. A maneira mais simples de se obter um guia de ondas é por meio de um tubo cilíndrico, uniforme possuidor de uma série de discos com furos circulares no centro, colocados a distâncias iguais ao longo do tubo. Estes discos dividem o tubo em uma série de cavidades cilíndricas, formando a estrutura básica em um acelerador linear.

As cavidades servem a dois propósitos: distribuir a energia de micro-ondas entre as cavidades adjacentes e fornecer um padrão adequado de campo elétrico para a aceleração dos elétrons. As cavidades são claramente visíveis: são cavidades de aceleração no eixo central e cavidades de engate. O sistema auxiliar tem a função de viabilizar a operação clínica dos aceleradores lineares. Já o sistema de transporte do feixe de elétrons é necessário para aceleradores lineares que operam energias acima de 6 MeV, possuem um guia de ondas longo e demandam a utilização de ímãs de flexão devido ao feixe de elétrons precisar ser defletido

para atingir o alvo, formando o feixe de raios X, ou ser capaz de sair pela janela de saída do feixe.

### **3.6. Ressonância Magnética Nuclear.**

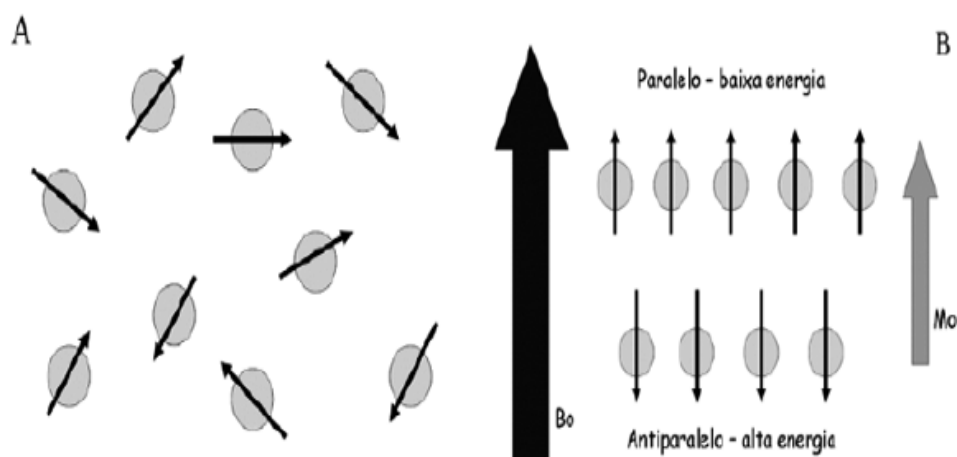
A Ressonância Magnética Nuclear (RMN) é uma técnica que permite determinar propriedades de uma substância através do correlacionamento da energia absorvida contra a frequência, na faixa de megahertz (MHz) do espectro eletromagnético, em um campo magnético  $B_0$  de 1.5 T a frequência de Larmor, é de aproximadamente 63 MHz, isto é, o próton dá 63 milhões de voltas em torno do  $B_0$  por segundo, caracterizando-se como sendo uma espectroscopia. A mesma é resultado da ação de um campo magnético intenso sobre o organismo, utilizando, principalmente, a alta capacidade magnética do hidrogênio.

O hidrogênio ( $^1\text{H}$ ) é o átomo mais simples, porém, o mais importante para a Ressonância Magnética Nuclear, além de sua abundância nos sistemas biológicos, possui alta sensibilidade à Ressonância Magnética, assim, os prótons de hidrogênio com spin se movimentam em torno do seu próprio eixo, agindo como se fossem um ímã apresentando polo norte e sul, assim, quando submetidos à ação de um campo magnético externo se alinham de forma paralela ou antiparalela ao campo, ou seja, o organismo transforma-se num ímã, isto é, adquire um campo magnético próprio. Nele, os vetores dos prótons que não se cancelam entre si, somam-se. E por estar essa magnetização direcionada ao longo do campo magnético externo é denominada de magnetização longitudinal.

Nesse processo, um núcleo atômico com diferentes números de prótons e nêutrons possui um momento angular em torno do seu centro de massa, conseqüentemente, um momento magnético. Na ausência de um campo magnético, os momentos magnéticos nucleares apontam em direções aleatórias do espaço, assim, a magnetização total  $M_0$  é nula. Quando os núcleos são submetidos a um campo externo  $B_0$  estes alinham-se paralelamente (baixa energia) ou antiparalelamente (alta energia) ao mesmo. Como os estados de mais baixa energia são mais prováveis, a magnetização total passa a ser paralela à  $B_0$ . Outro efeito é a precessão dos momentos magnéticos nucleares em torno de  $B_0$ , com uma frequência proporcional à  $B_0$  característica de cada núcleo, denominada frequência de Larmor, o efeito do campo magnético sobre as partículas carregadas descrevendo órbitas circulares superpõe à frequência processional em torno do campo externo.

Figura 17: Representação do alinhamento dos prótons no corpo.

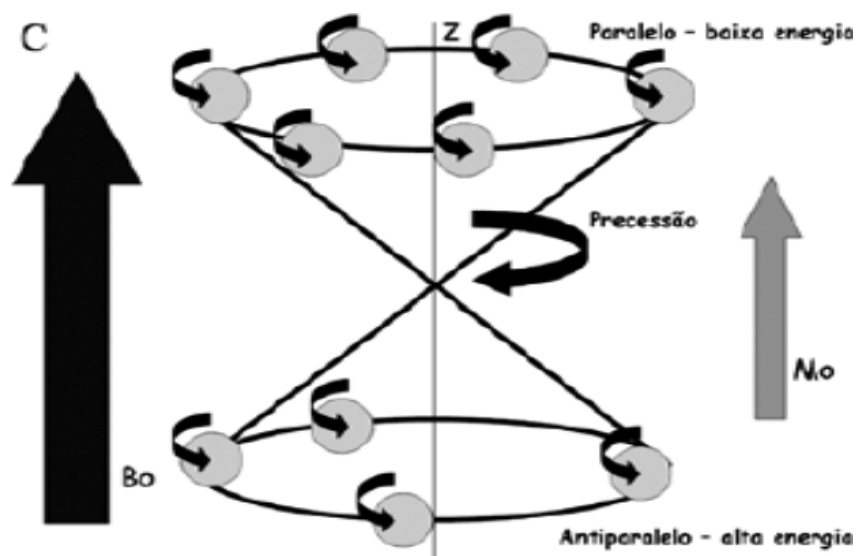
Em A: Alinhamento dos prótons no corpo de forma aleatória, em B: Alinhamento dos prótons após serem colocados sob um campo magnético forte ( $B_0$ ).



Fonte: <https://docplayer.com.br>

A onda de radiofrequência incidente no organismo provoca nos prótons expostos aos pulsos dois efeitos: uns absorvem a energia do pulso e mudam-se do nível de menor para o de maior energia, seus vetores apontarão para baixo (antiparalelo), começam a realizar precessão em fase, na mesma direção e no mesmo tempo. Assim, o pulso de radiofrequência provoca um decréscimo na magnetização longitudinal, estabelecendo uma nova magnetização - a transversal. Outros apontarão para cima, com baixa energia.

Figura 18: Em C, representação da precessão dos prótons ao redor do eixo z do campo magnético  $B_0$ .



Fonte: <https://docplayer.com.br>

Após desligar o pulso de radiofrequência, os prótons não são obrigados mais a permanecer em sincronia e, por possuírem diferentes frequências de precessão, perderão a coerência de fase levando a redução da magnetização transversal, pois o campo magnético da unidade de Ressonância Magnética, onde o organismo é colocado, não é totalmente homogêneo, possui pequenas variações locais, o que produz diferentes frequências de precessão e, por outro lado, cada próton é influenciado pela presença de cargas elétricas livres ou de pequenos campos magnéticos dos prótons na sua proximidade, o que, por sua vez, também determina valores diferentes das frequências de precessão. As variações internas do campo magnético são características para cada tecido.

A seguir, o organismo emite um sinal usado para a reconstrução da imagem, sendo observada na tela do computador a distribuição dos prótons no tecido estudado. A imagem apresenta intensidades desiguais, decorrentes não apenas da concentração dos prótons no tecido, mas também das propriedades de relaxação, ou seja, retorno ao estado de equilíbrio dos núcleos, caracterizadas pelos dois parâmetros do tempo de relação longitudinal (T1) e do tempo de relação transversal (T2). A água e os tecidos com alta concentração de líquidos possuem um longo T1 e T2. Como os tecidos patológicos possuem, geralmente, uma alta concentração de água em relação aos tecidos normais vizinhos, poderão ser facilmente diferenciados por possuírem tempos de relaxação T1 e T2 relativamente mais longos que os dos tecidos saudáveis.

A técnica de Imagem Tomográfica por Ressonância Magnética Nuclear tem vantagens significativas sobre os demais sistemas de diagnóstico por imagens usados atualmente pelos seguintes motivos: permite gerar imagens das estruturas internas dos corpos sem utilizar radiações ionizantes, evitando riscos decorrentes da exposição, por isso, chamada de técnica não-invasiva, possibilita diferenciar, de modo mais preciso, tecidos saudáveis, enfermos ou necrosados, mesmo daqueles tecidos profundamente imersos em estruturas ósseas, produz contraste entre os tecidos moles do corpo e é muito superior ao conseguido pelos métodos mais tradicionais, como a radiografia por raios X e a ultrassom, obtém imagens de diferentes planos - longitudinal, transversal e oblíquo, assim como também imagens volumétricas sem precisar mudar a posição do paciente.

## Capítulo 4

### 4. Aspectos Metodológicos

As atividades pedagógicas foram organizadas em uma sequência didática com o objetivo de trabalhar conceitos de Física Moderna e Contemporânea, mais especificamente, aqueles vinculados ao estudo da matéria e radiação, com o objetivo de desenvolver e aperfeiçoar aprendizagens sobre Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina, principalmente, o Raio X, o Raio X na Radioterapia e a Ressonância Magnética Nuclear.

#### 4.1. Contexto e Perfil dos Participantes

A efetivação da sequência de ensino aconteceu na Escola Estadual de Educação Básica Pedro Joaquim de Jesus, localizada na cidade de Teotônio Vilela-AL. O município de Teotônio Vilela está posicionado na região da zona da mata do Estado do Alagoas, nordeste brasileiro, apresenta uma área territorial de 299,1km<sup>2</sup> e população de aproximadamente 44.666 habitantes, desses, 84% estão concentrados na zona urbana (estimativa IBGE-2017), sua densidade demográfica é de 104,8 pessoas/km<sup>2</sup> e o Índice de Desenvolvimento Humano-IDH- 0,564 (IBGE 2010). A economia depende, principalmente, dos setores da cana de açúcar e serviços. O município é constituído por rede de ensino tanto pública como privada, que oferece desde a Educação Infantil até o Ensino Superior, sendo seu Índice Desenvolvimento da Educação Básica-IDEB- nos anos finais 5.8 e anos iniciais 6.9, respectivamente, o segundo e terceiro maior de Alagoas.

A Escola Pedro Joaquim de Jesus é a mais antiga do município e funciona desde 1969, na atualidade, oferta apenas o ensino médio nas modalidades Regular, turno diurno com 1.002 alunos, e Educação de Jovens e Adultos, no noturno com 369 educandos. No entanto, a escola passou a funcionar em um novo prédio, inaugurado em 2015, apresentando boa estrutura, sendo constituído de doze salas de aula climatizadas, com equipamentos de multimídia (projetor de imagens) fixo, biblioteca com acervo insuficiente para atender à demanda. Além disso, a mesma está funcionando apenas no turno diurno. Em relação ao laboratório de informática, encontra-se sem funcionamento, pois não há computadores em condição de uso, laboratório de ciências com recursos de Química, Física e Biologia, quadra poliesportiva coberta e campo Society para atividades de Educação Física, sala de professores, secretaria, diretoria, cozinha, refeitório, banheiros, dentre outros ambientes. O quadro de docentes é composto por 58 profissionais, dos quais 38 % são efetivos, os seis professores de Física são licenciados em Física e apenas um é

efetivo. A escola possui nota do IDEB de 3.4. Atualmente, o fluxo, alunos aprovados para série seguinte, é de 78,25%.

A implementação da sequência ocorreu nos 3º anos A e B do turno matutino, esses com 37 e 40 alunos, respectivamente. O 3º ano A apresentava faixa etária de 15 a 18 anos, sendo que 92% dos alunos têm 16 anos, o maior número de educandos concentrava-se no gênero feminino, 25 estudantes, correspondente a 68%. Oito alunos, ou 22%, residiam na zona rural e a distorção idade-escolaridade, defasagem entre a idade do aluno e a idade recomendada para a série que ele está cursando, era de 2,7%. No final do ano letivo, o fluxo foi de 97%, sendo apenas um estudante reprovado. O 3º ano B apresentava faixa etária de 16 a 19 anos, sendo que 50% dos alunos têm 17 anos, considerado o gênero, o número de educandos era paritário, 20 alunos do gênero feminino e 20 do gênero masculino. Quanto à procedência, quatro alunos ou 10%, residiam na zona rural e a distorção idade-escolaridade era de 7,5%. No final do ano letivo, o fluxo foi de 92%, tendo em vista que dois estudantes foram reprovados e um desistente.

#### **4.2. Desenvolvimento das Atividades.**

Nossa pesquisa é um estudo de caso sobre os resultados da aplicação da sequência didática com os 77 alunos do 3º ano do Ensino Médio. Nas análises, relacionamos aspectos qualitativos e quantitativos, mas a natureza da pesquisa é qualitativa, a partir das informações coletadas nos instrumentos de análises, são eles: produções textuais, respostas às questões de fixação e reflexão, participação dos alunos e produção de folhetos. Procurando, no contexto, entender e utilizar motivações, impressões, opiniões, ideias e atitudes dos alunos.

As atividades da sequência didática foram desenvolvidas ao longo de oito aulas, com duração de uma hora cada, organizadas em três etapas, planejadas com o propósito de contribuir de maneira relevante na construção de processos de ensino que resultassem em aprendizagens socialmente úteis aos alunos. A primeira etapa, realizada em uma aula, foi destinada à Problematização Inicial e teve como objetivo compreender os níveis de conhecimentos dos alunos a respeito da temática em estudo, a mesma faz parte de um conjunto de avaliações do processo de ensino-aprendizagem e possibilita diagnosticar deficiências e capacidades dos estudantes, e ainda, favorece o direcionamento do sucesso das ações pedagógicas no sentido de promover novos conhecimentos dos educandos a partir dos conhecimentos já existentes.

A segunda etapa foi composta por seis aulas. Inicialmente, deu-se a organização do conhecimento, realizada com a finalidade de aprofundar as reflexões sobre os conteúdos de Física necessários para aprimorar, assim como desenvolver conhecimentos dos educandos a

respeito do tema central, Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina. Para tanto, os trabalhos pedagógicos, valendo-se de diversas atividades, estiveram voltados a correlacionar os conceitos com os eventos problematizadores de forma a colaborar com a construção de aprendizagens significativas.

A terceira etapa ocorreu em uma aula destinada à aplicação do conhecimento, na qual propusemos a realização de atividades pelos alunos, na qual os mesmos, considerando o contexto social e científico que os fenômenos físicos em estudo estavam envolvidos, a partir dos trabalhos realizados nas etapas anteriores, coletaram, discutiram, selecionaram, organizaram e socializaram informações em um folheto acerca da temática em estudo, Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina.

As etapas da sequência didática foram executadas conforme descrito na tabela a seguir, na qual consta um resumo simplificado das atividades desenvolvidas em cada etapa da pesquisa. Em seguida, abordaremos detalhadamente as metodologias e métodos empregados nas aulas.

Tabela 01: Organização das etapas da sequência didática.

<b>Etapas</b>	<b>Nº de Aulas</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Recursos Didático/atividade.</b>	<b>Objetivo</b>
1ª Etapa: Problematização Inicial	01	Física Atômica e Nuclear Aplicada no Contexto da Medicina.	Produção textual.	Identificar os conhecimentos dos alunos a respeito de Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina.
2ª Etapa: Organização dos Conhecimentos.	01	A evolução dos Modelos Atômicos: da antiguidade a Niels Bohr.	Aparelho de projeção para apresentação de material em Power Point/slides.	Apresentar cronologicamente sobre a evolução dos modelos atômicos.
	01	Constituição do Átomo e Características	Vídeo e mapa conceitual.	Desenvolver os conhecimentos dos alunos e algumas características

		das Suas Partículas.		referentes à Física Atômica e Nuclear.
	01	Radiação: Partículas Alfa, Partícula Beta, Raios Gama e Raio X.	Aparelho de projeção para apresentação de material em Power Point/slides.	Apresentar e discutir a respeito dos fenômenos radioativos ligadas às emissões das partículas Alfa, partícula Beta, raios Gama e Raio X.
	01	Radioatividade: Raio X e Radioterapia.	Texto (leitura e análise)	Apresentar e discutir sobre as relações que envolvem Radiação, Raio X e Radioterapia.
	02	Ressonância Magnética Nuclear.	Vídeo, experimento e simulação virtual.	Aprimorar as aprendizagens dos alunos sobre Ressonância Magnética Nuclear.
3ª Etapa: Aplicação do Conhecimento.	01	Física Atômica e Nuclear aplicada no Contexto da Medicina.	Produção e apresentação de folheto.	Produzir um folheto com informações sobre Raio X e Radioterapia e Ressonância Magnética Nuclear.

Fonte: Autoria própria

#### 4.2.1 Métodos e Metodologias.

Como sabemos que a metodologia e o método de ensino influenciam consideravelmente nos resultados das aprendizagens dos estudantes, tendo em vista que precisam ser construídos e executados em consonância com as questões socioculturais que marcam cada momento histórico, sem fugir do contexto científico, fazendo com que os saberes trabalhados em sala de



aula tenham significado para os alunos, contribuindo positivamente em suas realidades. Com esses propósitos planejamos e implementamos a sequência didática.

Na primeira aula, a problematização inicial, para instigar o interesse, a reflexão, confrontar ideias e entender a base de conhecimento dos alunos a respeito da temática em estudo, fizemos os questionamentos descritos abaixo, realizamos breves diálogos e anotações sobre cada um deles.

1. O que estuda a Física Atômica e Nuclear?
2. Há possibilidade de aplicar Física Atômica e Nuclear na medicina? Se sim, de que forma?
3. O Raio X e a Ressonância Magnética são exemplos da aplicação de Física na medicina? Se sim, como acontece?
4. Existe possibilidade de cuidar de câncer com ajuda de estudos ligados à física Atômica e Nuclear? Se sim, como isso acontece?

Considerando que a escrita de texto possibilita ao estudante refletir, apreender conceitos, apresentar informações novas, comparar pontos de vista, narrar, argumentar; enfim, expor suas ideias e caminhar adiante na conquista da autonomia no processo de aprendizado, e ainda, com o interesse de aprofundarmos no diagnóstico sobre o nível de conhecimentos dos educandos, apresentamos a eles uma proposta de produção de texto sobre a temática Física Atômica e Nuclear Aplicada no contexto da medicina. O texto deveria ser produzido pelos alunos individualmente, com base na leitura dos textos motivadores, apresentados logo a abaixo, bem como nos saberes construídos ao longo das suas vidas.

### **Textos motivadores para a produção textual.**

A partir da leitura dos textos motivadores seguintes e com base nos conhecimentos construídos ao longo da sua vida, redija um texto sobre Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina.

### Texto 1.



### Texto 2: Física e Medicina Nuclear.

Figura 19: Imagem Ilustrativa sobre Física e Medicina Nuclear.



Fonte: <https://i.pinimg.com>

O estudo da Física Nuclear permite compreender como as reações acontecem no núcleo do átomo, produzindo conhecimentos diversos, desde as partículas fundamentais até as imensas estruturas formativas do universo, sendo seu objetivo principal entender as propriedades básicas dos núcleos e da matéria nuclear. A Física Nuclear está envolvida em várias aplicações, geração

de energia nuclear, tecnologia de armas nucleares, Medicina Nuclear, engenharia de materiais, cosmologia e outras.

A Medicina Nuclear é uma especialidade da medicina, na qual se faz uso de técnicas seguras e indolores para compor imagens, identificar afecções e suas características, tipo ou extensão da mesma, e inclusive, realizar tratamentos.

Os diagnósticos e tratamentos de doenças podem acontecer, por exemplo, através da utilização de isótopos radioativos ou Ressonância Magnética Nuclear. Essas técnicas são utilizadas para avaliação funcional de órgãos, mapeamento da irrigação sanguínea e investigação de tumores.

A utilização da Ressonância Magnética Nuclear apresenta algumas vantagens: Segurança, pois não usa radiação ionizante, sendo um modo não invasivo e não destrutivo, as imagens produzidas são de alta resolução e rapidez na análise, na maioria das vezes, sem a necessidade de produtos químicos. Fonte: Autoria própria.

Com os resultados dos instrumentos avaliativos, observação da participação dos alunos durante a aula, explicações aos questionamentos iniciais e produção textual, realizamos análises das respostas dos alunos obtendo um diagnóstico inicial referente à temática em estudo. A partir do mesmo, agrupamos os alunos em seis níveis de acordo com as características e semelhanças de suas argumentações, planejando e organizando as próximas atividades da sequência didática com base nos frutos dessas primeiras sondagens.

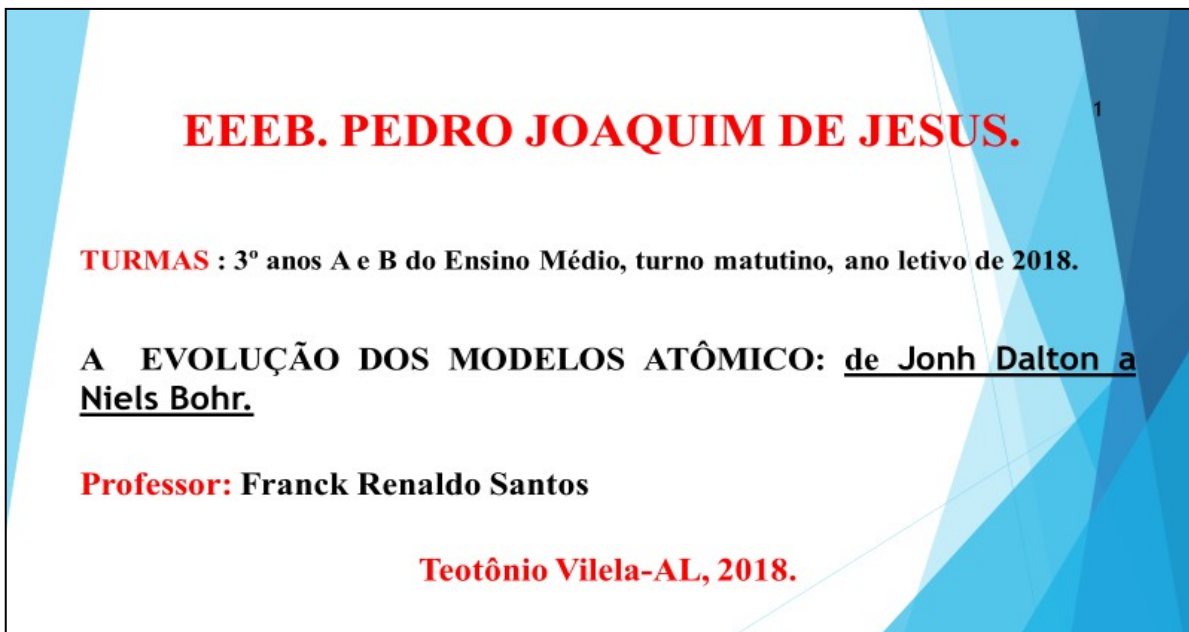
Na segunda aula, Etapa Organização dos Conhecimentos, delineada nas aulas de dois a sete, com os resultados dos conhecimentos prévios dos discentes, as anotações das participações dos alunos, assim como a análise das produções textuais da aula anterior, iniciamos as abordagens dos conteúdos. O primeiro conteúdo foi: Evolução dos Modelos Atômicos: da antiguidade a Niels Bohr. Desenvolvemos as atividades tomando como base as respostas dos alunos aos seguintes questionamentos:

1. O que é um átomo?
2. Quais as características de um átomo?
3. O modelo atômico sofreu mudanças ao longo do tempo? Se sim, como aconteceu?

Para refutar ou confirmar as respostas dos alunos aos questionamentos, pretendendo fomentar a participação produtiva dos estudantes nas discussões em sala de aula, utilizamos como recursos didáticos apresentação em Power Point, pois este recurso ajuda a manter a sequência da explicação, tendo em vista que a mensagem pode ser transmitida através de fotos, ilustrações, animações, dentre outros, que contribuem para uma melhor audiência e

interatividade dos alunos. Seguem os slides utilizados, nos quais descrevemos sobre o átomo a partir das ideias dos filósofos gregos, com foco na evolução do modelo atômico de John Dalton a Niels Bohr.

**Slides: A Evolução dos Modelos atômico.**



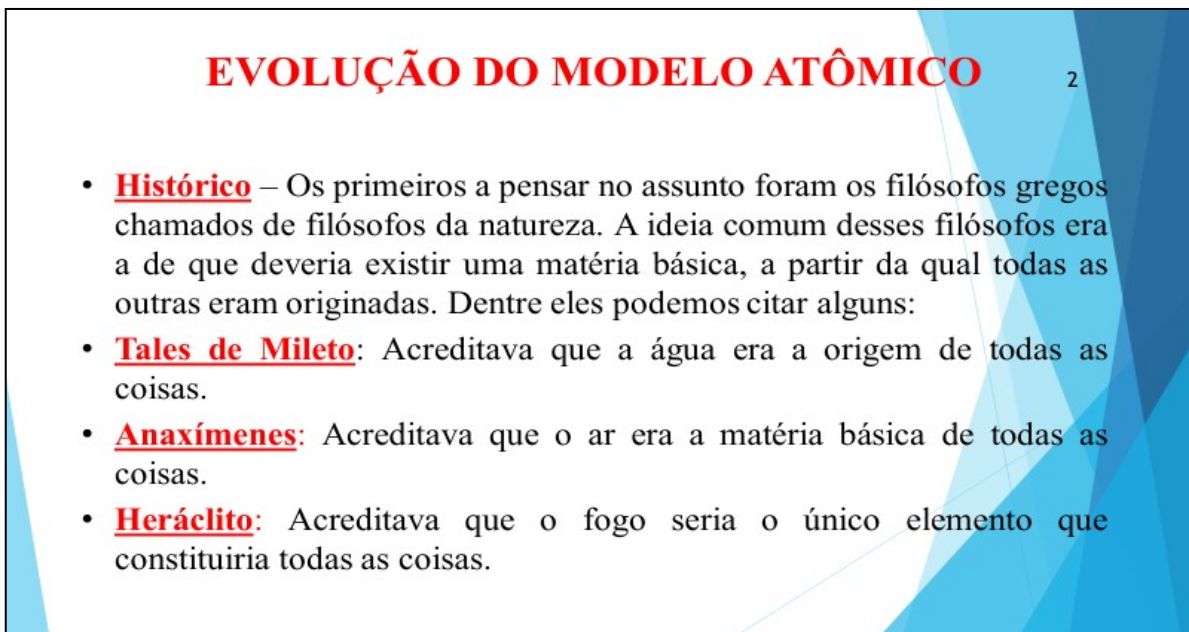
**EEEB. PEDRO JOAQUIM DE JESUS.** 1

**TURMAS :** 3º anos A e B do Ensino Médio, turno matutino, ano letivo de 2018.

**A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICO:** de Jonh Dalton a Niels Bohr.

**Professor:** Franck Renaldo Santos

**Teotônio Vilela-AL, 2018.**



**EVOLUÇÃO DO MODELO ATÔMICO** 2

- **Histórico** – Os primeiros a pensar no assunto foram os filósofos gregos chamados de filósofos da natureza. A ideia comum desses filósofos era a de que deveria existir uma matéria básica, a partir da qual todas as outras eram originadas. Dentre eles podemos citar alguns:
- **Tales de Mileto:** Acreditava que a água era a origem de todas as coisas.
- **Anaxímenes:** Acreditava que o ar era a matéria básica de todas as coisas.
- **Heráclito:** Acreditava que o fogo seria o único elemento que constituiria todas as coisas.

## EVOLUÇÃO DO MODELO ATÔMICO.

3

Os primeiros a excluir esses elementos míticos foram:

- **Empédocles** – Acreditava na existência de quatro elementos básicos: terra, ar, fogo e água e tudo existente era produto da junção desses quatro elementos em proporções diferentes.

**Leucipo:** Pregava a ideia de que toda matéria seria constituída por átomos, para ele a menor porção da matéria que não poderia ser dividida em partes menores.

- **Demócrito:** Era discípulo de Leucipo, desenvolveu e aperfeiçoou esta teoria, descrevendo a forma e o comportamento dos átomos de uma maneira bem avançada para a época.

## MODELO ATÔMICO DE JONH DALTON

4

### Dalton: O modelo da bola de bilhar (1803).

Átomo, uma minúscula partícula (esfera):

- maciça;
- indestrutível;
- impenetrável;
- indivisível;
- sem cargas elétricas.



Modelo Atômico de Dalton (1803)



John Dalton  
Químico Inglês

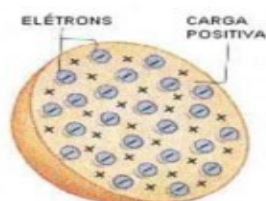
## MODELO ATÔMICO DE THOMSON (1903)

5

Com a descoberta dos prótons e elétrons, **Thomson** propôs um modelo de átomo na forma de esfera maciça, na qual os elétrons e os prótons, estariam uniformemente distribuídos, garantindo o equilíbrio elétrico entre as cargas positivas dos prótons e negativa dos elétrons, tornando-o neutro.



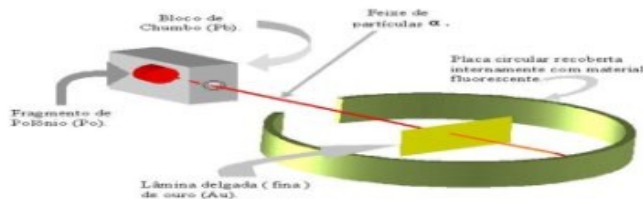
Conhecido modelo do pudim com passas.



Joseph Thomson.

## MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD (1911)

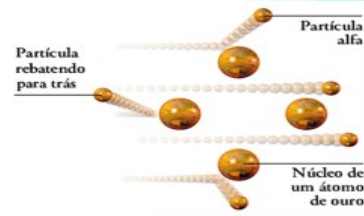
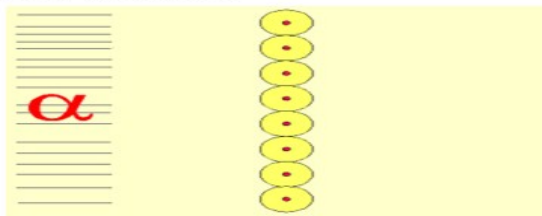
Rutherford bombardeou uma fina lâmina de ouro (0,0001 mm) com partículas "alfa" (núcleo de átomo de hélio: 2 prótons e 2 nêutrons), emitidas pelo "polônio" (Po), contido num bloco de chumbo (Pb), provido de uma abertura estreita, para dar passagem às partículas "alfa" por ele emitidas. Envolvendo a lâmina de ouro (Au), foi colocada uma tela protetora revestida de sulfeto de zinco (ZnS).



Ernest Rutherford.

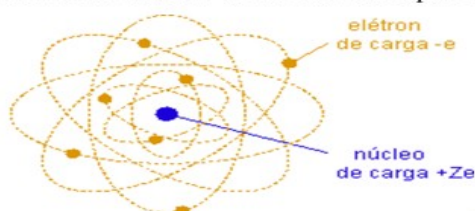
## MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD (1911) 7

Observando as cintilações na tela de ZnS, Rutherford verificou que muitas partículas "alfa" atravessavam a lâmina de ouro, sem sofrerem desvio, e poucas partículas "alfa" sofriam desvio. Como as partículas "alfa" têm carga elétrica positiva, o desvio seria provocado por um choque com outra carga positiva, isto é, com o núcleo do átomo, constituído por prótons.



## O MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD. 8

- O átomo contém imensos espaços vazios;
- No centro do átomo existe um núcleo muito pequeno e denso;
- O núcleo do átomo tem carga positiva, uma vez que as partículas alfa (positivas) foram repelidas;
- Para equilibrar as cargas positivas existem os elétrons ao redor do núcleo;
- O raio do átomo é cerca de 10.000 vezes maior do que o raio do núcleo.



## O MODELO DE NIELS BOHR: MODELO QUÂNTICO PARA O ÁTOMO

09

- Baseando-se na teoria dos quanta de Max Planck e na explicação de Einstein para o efeito fotoelétrico, que consideravam que a energia se propaga na forma de pacotes (quanta).
- Bohr postulou que os elétrons estão confinados em certos níveis estáveis de energia → estados estacionários de energia.

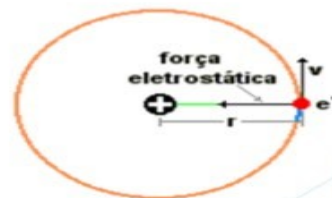
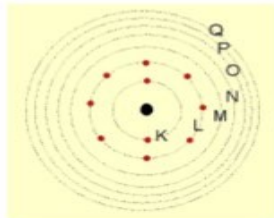


Niels Bohr.

## OS POSTULADOS DE NIELS BOHR (1885-1962).

10

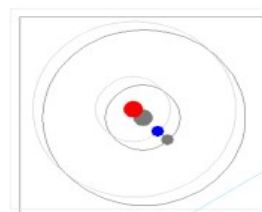
**1º Postulado:** Os elétrons descrevem órbitas circulares estacionárias ao redor do núcleo, sem emitirem nem absorverem energia.



## OS POSTULADOS DE NIELS BOHR (1885-1962).

11

**2º postulado:** Fornecendo energia (elétrica, térmica, ...) a um átomo, um ou mais elétrons a absorvem e saltam para níveis mais afastados do núcleo. Ao voltarem as suas órbitas originais, devolvem a energia recebida em forma de luz.



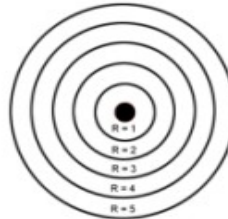
## OS POSTULADOS DE NIELS BOHR (1885-1962).

12

### Segundo postulado de Bohr.

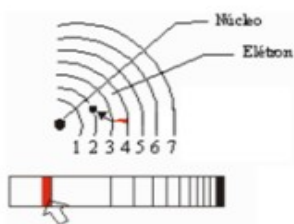
*Um átomo irradia energia quando um elétron salta de uma órbita de maior energia para uma de menor energia.*

Órbitas de Bohr para o átomo de hidrogênio



Órbita	Distância do núcleo
1	0,529 Å
2	2,116 Å
3	4,761 Å
4	8,464 Å
5	13,225 Å

O comprimento de onda guarda relação com a energia. Os menores comprimentos de onda de luz significam vibrações mais rápidas e maior energia.



A linha **vermelha** no espectro atômico é causada por elétrons saltando da **terceira** órbita para a **segunda** órbita.

A apresentação no Power Point foi apenas um guia para nossas discussões e reflexões sobre as respostas aos questionamentos anteriormente citados. Pois, a cada slide apresentado, os alunos eram instigados a falarem e discutíamos ponto a ponto. Saímos da ideia filosófica que deveria existir uma matéria básica, a partir da qual todas as outras eram originadas, passamos pela concepção de que o átomo era uma esfera indestrutível, indivisível até chegarmos no átomo como um sistema formado por várias partículas diferentes.

Utilizamos como instrumentos avaliativos as observações da participação dos alunos durante a aula, as respostas aos questionamentos iniciais e análise das respostas da atividade de fixação. Essa, composta por oito proposições referentes aos conceitos tratados, devendo julgá-las se certas ou erradas, se incorretas, justificar. Para realizarem a mesma, os docentes se organizaram em dupla. A atividade e os slides foram disponibilizados aos alunos, por meio de aplicativo de mídia. Segue a atividade de fixação.



### **Atividade de fixação da aula sobre a evolução do modelo atômico.**

1. Estudamos a evolução do modelo atômico como fruto do interesse de se explicar a constituição da matéria, tendo sido aprimorado ao longo do desenvolvimento da ciência, desde as ideias dos filósofos gregos, passando pelos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, até o modelo atual. As proposições a seguir são sobre os modelos atômicos. Julgue se estão corretas (C) ou erradas (E), se errada, justifique sua resposta.

1.1. ( ) Um professor de Ciências da Natureza fez as seguintes afirmações sobre os modelos atômico: Dalton: Átomos maciços e indivisíveis. Thomson: elétron, de carga negativa, incrustado em uma esfera de carga positiva, está distribuída, homogeneamente, por toda a esfera.

1.2. ( ) O modelo de Thomson surgiu a partir de evidências experimentais com tubo de raios catódicos e considera o átomo constituído por elétrons ocupando diferentes níveis de energia.

1.3. ( ) O modelo de Rutherford propõe o átomo composto por um núcleo muito pequeno e de carga elétrica positiva, equilibrado por elétrons, de carga elétrica negativa, girando ao redor do núcleo, numa região periférica denominada eletrosfera.

1.4. ( ) O modelo atômico de Rutherford foi elaborado a partir de experimentos onde uma fina lâmina de ouro era bombardeada com partículas  $\alpha$  (alfa).

1.5. ( ) O experimento conduzido por Rutherford permitiu concluir que as partículas positivas e negativas constituintes dos átomos possuem cargas elétricas de mesma intensidade, e também, têm iguais quantidade de massa.

1.6. ( ) Os modelos atômicos foram desenvolvidos em teorias fundamentadas na experimentação por diferentes cientistas, em 2013, a teoria do modelo atômico de Niels Bohr completou 100 anos. Essa teoria descreve o átomo como um núcleo pequeno, carregado positivamente, cercado por elétrons em órbitas quantizadas.

1.7. ( ) No modelo de Rutherford, o átomo era constituído de um núcleo carregado positivamente e uma eletrosfera. O modelo seguinte foi o de Bohr, esse, introduziu a ideia dos elétrons ocupando orbitais com energias definidas, este modelo, se assemelha ao modelo do sistema solar.

1.8. ( ) No Modelo de Bohr os elétrons giram em torno do núcleo de forma circular e com diferentes níveis de energia, chamados por Bohr de orbital atômico, no qual, os elétrons apresentariam energias constantes, podendo saltar para orbitais de mais alta energia, retornando

ao seu estado fundamental, após a devolução da energia recebida, emitindo um fóton de luz equivalente.

Na terceira aula, com o propósito de continuarmos desenvolvendo os saberes dos alunos sobre Física Atômica e Nuclear, de modo a melhorar a compreensão dos mesmos a respeito das propriedades do átomo e as especificidades das partículas, trabalhamos o conteúdo Constituição do Átomo e Características das Suas Partículas. Introduzimos os diálogos com três questionamentos, os dois primeiros, supostamente, já podiam ser respondidos pelos alunos, pois havíamos realizado boas discussões sobre estes na aula anterior. O último, para ser respondido, exigia dos educandos outras vivências de aprendizagens. Os questionamentos foram:

1. Quais os aspectos do modelo atômico de Rutherford?
2. Cite diferenças entre o modelo de Rutherford e o de Bohr?
3. No átomo existem outras partículas além de prótons, elétrons e nêutrons? Se sim, quais?

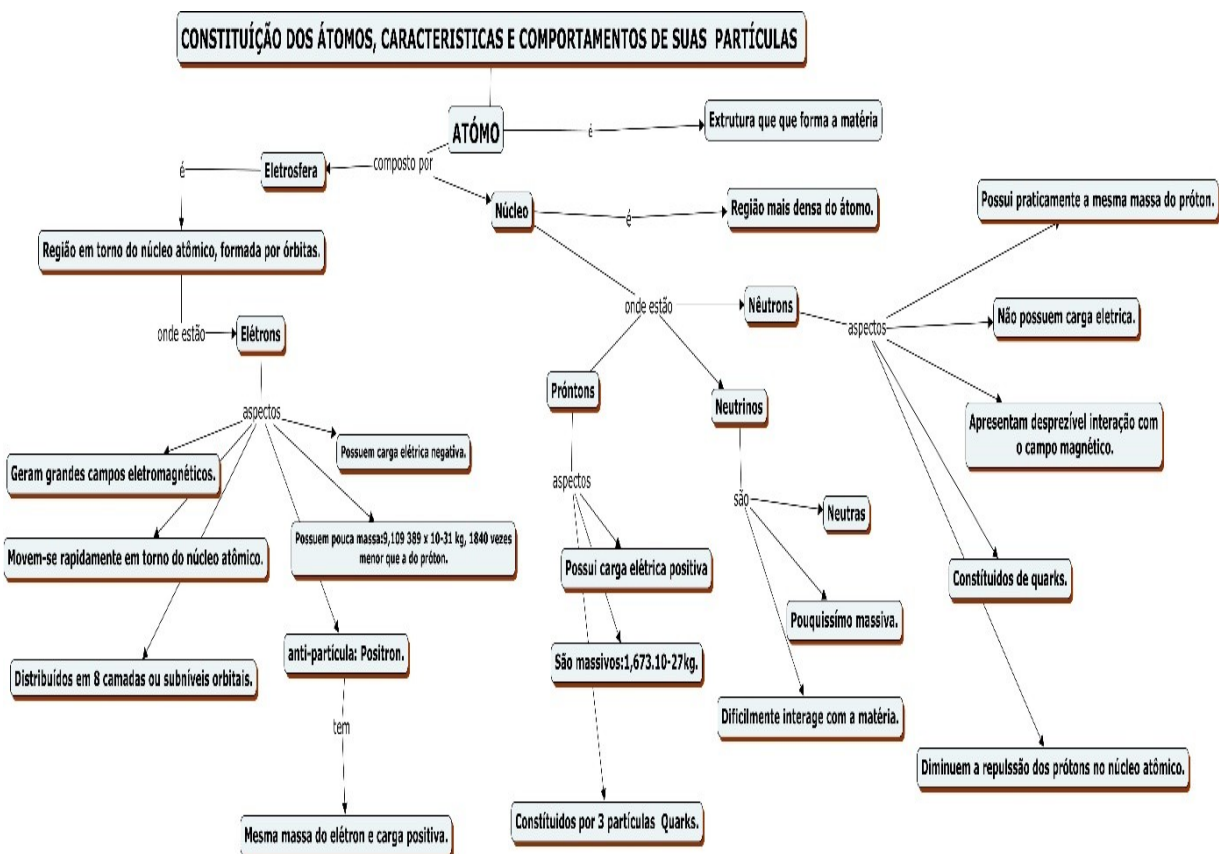
Realizamos diálogos e anotações sobre as respostas dos alunos. Em seguida, exibimos um vídeo, os elementos audiovisuais permitem a ativação de sentidos que as explicações orais tradicionais, muitas vezes, não fornecem, melhorando a dinâmica da aula, sensibilizando, ilustrando o conteúdo, favorecendo, também, os avanços cognitivos dos alunos. O que utilizamos tem como título: O Átomo, possui duração de dez minutos e mostra o átomo como constituinte físico de toda matéria conhecida, abordando os avanços dos modelos atômicos, a estrutura da eletrosfera e núcleo, aspectos das partículas, elétrons, prótons, nêutrons, quarks, glúon e fóton. Seu link de acesso é: <https://www.youtube.com/watch?v=TKEOWch5kXE>

Trabalhamos o vídeo das seguintes maneiras: Inicialmente, com o propósito de manter a concentração dos alunos, fixando conceitos importantes, a cada dois minutos, pausávamos a exibição e solicitávamos que os alunos, individualmente, anotassem todos seus pensamentos sobre o que viram no vídeo. Repetimos essa ação até o final da exibição do vídeo. Dando prosseguimento, foram formados grupos de quatro alunos para dialogarem a respeito de suas anotações sobre o conteúdo do vídeo, considerando que as respostas deveriam elucidar aos questionamentos do início da aula e serem registradas em uma folha de papel reservada a este fim.

Para continuarmos aperfeiçoando as aprendizagens dos conceitos e ideias trabalhadas até o momento, utilizamos um mapa conceitual, esse foi apresentado pronto aos alunos, tendo como o tema principal a constituição do átomo, características e comportamentos de suas

partículas. A partir das informações presentes no mesmo, abordamos a respeito do conteúdo em estudo, sempre orientando e oportunizando as discussões nos grupos de estudantes para que pudessem comparar suas anotações com o que estava sendo exposto, assim, os educandos podiam interpretar, classificar e organizar informações, confirmando, complementando ou refutando suas respostas aos questionamentos propostos inicialmente.

### Mapa Conceitual: Constituição dos átomos e características das suas partículas.



EEEB. PEDRO JOAQUIM DE JESUS  
 DISCIPLINA: FÍSICA.  
 PROFESSOR: FRANCK RENALDO SANTOS.  
 SÉRIE: 3º ANO DO ENSINO MÉDIO

Para dar prosseguimento e continuar avaliando as aprendizagens, os estudantes se organizaram em dupla, preferencialmente formadas por alunos que não se agruparam em aulas anteriores, para fazermos uma atividade de fixação composta por dez proposições referentes aos conceitos trabalhados, devendo julgá-las se certas ou erradas, se incorretas, justificar. Disponibilizamos aos alunos, por meio de aplicativo de mídia social, o vídeo, o mapa conceitual e a atividade de fixação para posteriormente estudarem os conteúdos. Segue a atividade de fixação.

**Atividade de fixação da aula sobre constituição do átomo e características das suas partículas.**

1. O átomo é a menor partícula identificadora de um elemento químico, sendo o principal constituinte da matéria conhecida. Ele possui duas partes, a eletrosfera, por onde circulam os elétrons, e o núcleo, bastante massivo, constituído por prótons e nêutrons, ocupante de um volume muito pequeno em relação ao volume total do átomo, pois, seu diâmetro é aproximadamente 10 mil vezes menor comparado ao diâmetro do próprio átomo. Sobre o átomo e suas partículas, analise as afirmações abaixo, como certas (C) ou erradas (E), se erradas, justifique sua resposta.

1.1. ( ) O átomo possui seu centro muito pequeno e denso, cercado por elétrons localizados em orbitais, sendo possível um elétron passar do estado A para o estado B, recebendo X unidades de energia, quando voltar do estado B para o estado A devolverá X unidades de energia na forma de ondas eletromagnéticas.

1.2. ( ) O átomo é constituído de cargas positivas e negativas, respectivamente, elétrons e prótons.

1.3. ( ) Os elétrons apresentam simultaneamente caráter corpuscular e de onda.

1.4. ( ) Os elétrons possuem carga negativa, apresentam pouca massa, geram grandes campos eletromagnéticos e movem-se rapidamente em torno do núcleo atômico, estando distribuídos na eletrosfera em oito camadas ou subníveis orbitais.

1.5. ( ) O elétron tem como anti-partícula o pósitron, esse, possui a mesma quantidade de massa do elétron e carga positiva.

1.6. ( ) O núcleo é a região mais densa do átomo, na qual se encontram apenas os prótons e nêutrons.

1.7. ( ) Os prótons possuem carga elétrica positiva, possuem massa cerca de 1840 vezes maior comparada a dos elétrons e são constituídos por duas partículas quarks.

1.8. ( ) Os nêutrons apresentam, praticamente, a mesma massa do próton e desprezível interação com o campo magnético.

1.9. ( ) Os nêutrons são formados por quarks, não possuem carga elétrica e contribuem para o aumento da repulsão dos prótons no núcleo atômico.

1.10. ( ) Os neutrinos são uma das partículas que encontramos no núcleo do átomo, as mesmas são neutras, pouquíssima massiva e de baixa interação com a matéria.

Na quarta aula, para continuar avançando na abordagem da temática em estudo e aproveitando os elementos de aprendizagens resultantes das últimas aulas, iniciamos os diálogos e reflexões sobre os fenômenos da radiação, a partir dos seguintes questionamentos:

1. Quais os fenômenos radioativos, tipos ou forma de radiações vocês conhecem?
2. As partículas são capazes de emitir radiação? Se sim, quais partículas?
3. O Raio X é um tipo de radiação? Se sim, por quê?

Após apresentar os questionamentos foram dados aos alunos alguns minutos para refletirem a respeito dos mesmos. Realizamos breves discussões, nas quais, os alunos se colocavam livremente e anotávamos suas proposições de respostas sobre cada pergunta. A seguir, utilizando como recurso didático slides, expomos, assim como mediamos os diálogos, objetivando definir e caracterizar radioatividade, radiação ionizante e não ionizante, reações nucleares: fissão e fusão, radiações de partículas Alfa e Beta, Raio Gama e Raio X.

No desenvolvimento da aula, mediamos as discussões tomando como base o uso de questionamentos para comparar as respostas dos estudantes sobre as perguntas introdutórias e os conteúdos presentes nos slides, prezando pela liberdade e autonomia dos educandos, respeitando suas visões, fazendo-os refletir e intervir, exploramos suas ideias para consolidar novas aprendizagens. Seguem os slides utilizados, nos quais, descrevemos o fenômeno da radioatividade, radiações ionizantes e não ionizantes, fissão e fusão nuclear, partículas alfa e beta, raios gama e X.

**Slides: Radiações: Partículas alfa e beta, raios gama e X.**

**EEEB. PEDRO JOAQUIM DE JESUS**

**RADIAÇÕES: Partículas alfa e beta, raios gama e X.**

**TURMAS : 3º anos A e B do Ensino Médio, turno matutino.**

**Professor: Franck Renaldo Santos.**

**Teotônio Vilela-AL, outubro de 2018.**

1

## RADIATIVIDADE

**Radioatividade:** É a capacidade que certos átomos possuem de emitir radiações eletromagnéticas ou partículas de seus núcleos instáveis até que adquiram estabilidade.

As radiações podem ser classificadas como: **Ionizantes e Não Ionizantes.**

2

## RADIAÇÕES

**Radiação Ionizantes:** Transporta energia para produzir radiação, ou seja, o fenômeno onde o elétron é arrancado do átomo, causando ionização de átomos e moléculas, o que não acontece no caso da radiação não ionizante.

**Radiações ionizantes diretas** (tem carga elétrica): Partículas Alfa e Beta.

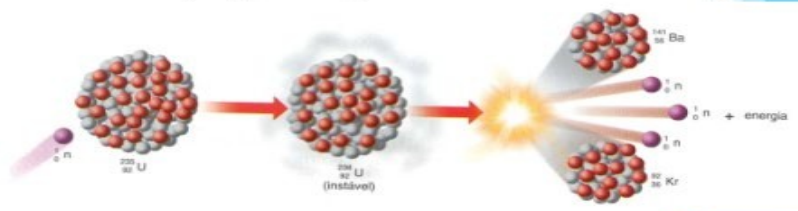
**Radiações ionizantes indiretas** ( não tem carga elétrica): Raios Gama e X.

3

## REAÇÕES NUCLEARES

**Reação nuclear:** é o processo natural de eliminação de partículas para se alcançar um núcleo mais estável. **Sendo de Fissão ou Fusão nuclear.**

**Fissão nuclear:** é a fragmentação de um núcleo em partes menores.

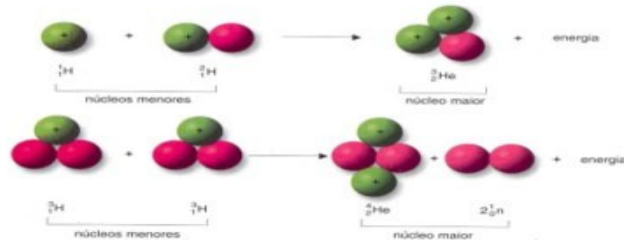


**Há liberação de grande quantidade de energia.**

4

## REAÇÕES NUCLEARES

**Fusão nuclear:** é o processo que ocorre quando núcleos menores se unem formando outros maiores.

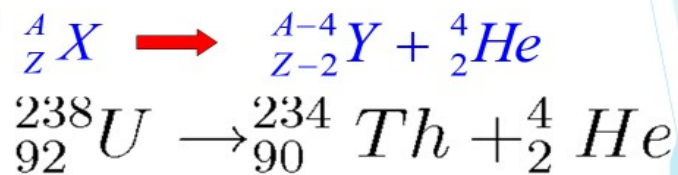


**Há liberação de enorme quantidade de energia, mas necessita de temperatura elevadíssima para se iniciar.**

5

## RADIAÇÃO IONIZANTE: Partícula alfa ( $\alpha$ ).

No decaimento alfa o núcleo X, emite uma partícula alfa, núcleo de  ${}^4\text{He}$ , dois prótons e dois nêutrons, transformando-se no núcleo Y:



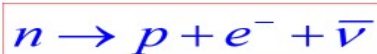
**${}^2\alpha^4$**  Quando um núcleo radioativo emite uma partícula alfa, seu número atômico diminui de 2 unidades e seu número de massa diminui de 4 unidades.

6

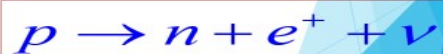
## RADIAÇÃO IONIZANTE: Partícula beta ( $\beta$ ).

O decaimento beta ocorre em núcleos que têm excesso, ou falta, de nêutrons para adquirir estabilidade.

No decaimento **beta menos** um dos nêutrons no interior do núcleo emite um elétron e um anti-neutrino, transformando-se em um próton:



No decaimento **beta mais** um dos prótons no interior do núcleo emite um pósitron (anti-elétron) e um neutrino, transformando-se em um nêutron:



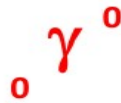
**$-1\beta^0$**  Quando um núcleo emite uma partícula beta, seu número atômico aumenta de uma unidade e sua massa fica inalterada.

7

## RADIAÇÃO IONIZANTE: emissões gama( $\gamma$ ).

O que são as emissões gama?

São ondas eletromagnéticas semelhantes a luz: não são desviadas por campos elétrico ou magnético, alto poder de penetração, inclusive, são mais penetrantes que o raio X e as partículas alfa e beta .



8

## PODER DE PENETRAÇÃO DAS EMISSÕES RADIOATIVAS NUCLEAR.

$\gamma$  •  
 $\beta$  •  
 $\alpha$  •



FOLHA DE PAPEL



2 mm de CHUMBO



6 cm de CHUMBO

$\alpha < \beta < \gamma$

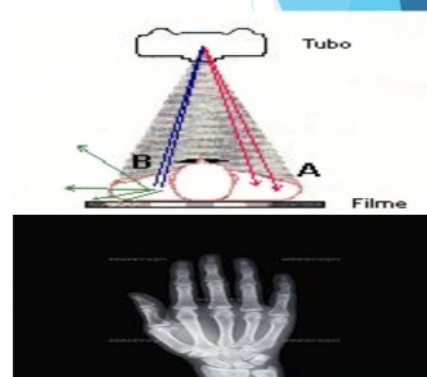
9

## RADIAÇÃO IONIZANTE :Raio X

O que é Raio X ?

Raio-X é radiação eletromagnética com comprimento de onda no intervalo de  $10^{-11}\text{m}$  a  $10^{-8}\text{m}$  (0,1 a 100 Å), resultante da colisão de elétrons produzidos em um cátodo aquecido contra elétrons de ânodo metálico.

Imagem produzida com uso do raio X.



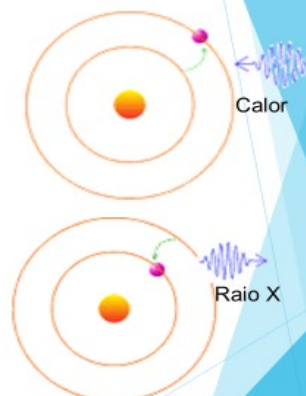
10



## O RAIOS X

*atenção!*

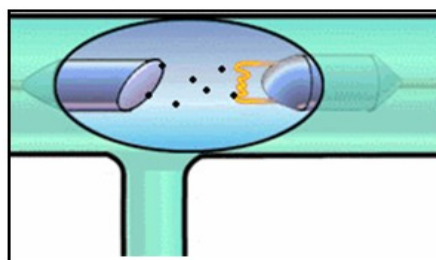
Os raios X, sabemos hoje, não têm origem nuclear. Surgem do “salto quântico” de elétrons para camadas mais externas e, ao retornarem à origem, emitem onda eletromagnética. É um dos postulados de Bohr.



11

## O RAIOS X

Como são produzidos?



O choque do feixe de elétrons (que saem do catodo com energia de dezenas de KeV) com o anodo (alvo) produz os chamados raios X.

12

Em seguida, os estudantes se organizaram em dupla para fazermos uma atividade de fixação composta por dez proposições referentes aos conceitos trabalhados, devendo julgá-las se certas ou erradas, se incorretas, justificar. Disponibilizamos aos alunos, por meio de aplicativo de mídia social, os slides e atividade de fixação para posteriormente estudarem os conteúdos. Segue a atividade de fixação.

## **Atividade de Fixação da aula sobre Radiações: Partículas alfa e beta, raios gama e X.**

1. As radiações são processos físicos de emissão e propagação de energia, podendo ser onda eletromagnética ou corpuscular. A respeito dos fenômenos radioativos, analise as inferências a seguir e julgue como certas (C) ou erradas (E), se erradas, justifique sua resposta.

1.1. ( ) As reações nucleares são processos naturais de eliminação de partículas para se alcançar um núcleo mais estável, podendo ser de fissão ou fusão.

1.2. ( ) Durante a fissão nuclear os núcleos menores se juntam formando outros maiores, liberando enorme quantidade de energia, esse fenômeno ocorre na presença de elevadíssimas temperaturas. Na fusão nuclear o núcleo se fragmenta em partes menores liberando grande quantidade de energia.

1.3. ( ) As emissões gama e o raio X são ondas eletromagnéticas e seus surgimentos estão ligados ao mesmo fenômeno físico, ou seja, às reações nucleares.

1.4. ( ) O núcleo atômico de alguns elementos é bastante instável e sofre processos radioativos para remover sua instabilidade. Sobre os três tipos de radiação  $\alpha$  (alfa),  $\beta$  (beta) e  $\gamma$  (gama), podemos afirmar: ao emitir radiação  $\alpha$ , um núcleo tem seu número de massa aumentado e ao emitir radiação  $\beta$  e  $\gamma$ , um núcleo tem seu número de massa inalterado.

1.5. ( ) Os raios X são produzidos a partir de choques de feixes elétricos com alta energia, esses, saem do catodo e colidem contra elétrons do ânodo.

1.6. ( ) Entre as radiações alfa, beta e gama a que possui maior poder de penetração são os raios gama, mas, eles ainda são menos penetrantes do que o raio X.

1.7. ( ) Os raios X, sabemos hoje, não têm origem nuclear, surgem do “salto quântico” de elétrons para camadas mais externas e, ao retornarem à origem, emitem onda eletromagnética, esse fenômeno refere-se a um dos postulados de Bohr.

1.8. ( ) Os raios X são radiação eletromagnética com comprimento de onda no intervalo de  $10^{-11}\text{m}$  a  $10^{-8}\text{m}$  (0,1 a 100 Å) utilizadas na medicina para exame de imagem e tratamento de câncer.

1.9. ( ) A terapia para tratamento de câncer utiliza-se da radiação para destruir células malignas. O boro-10, não radioativo, é incorporado a um composto para ser absorvido, preferencialmente, pelos tumores. O paciente é exposto a breves períodos de bombardeamento por nêutrons. Quando bombardeado, o boro-10 decai gerando partículas alfa, cuja radiação destrói as células cancerosas.

1.10. ( ) A exposição aos raios X provoca, como efeito biológico, a morte celular, pois ao penetrarem no corpo humano, permanecem no mesmo, criando um efeito cumulativo, incrementado a cada nova exposição.

Na quinta aula, com o intuito de continuar desenvolvendo o trabalho pedagógico e os conhecimentos dos alunos sobre o fenômeno da Radiação, principalmente, a respeito dos estudos das relações que envolvem o Raio X e a Radioterapia, utilizamos um texto como recurso didático. Inicialmente, fizemos aos alunos os questionamentos descritos abaixo e realizamos breves diálogos sobre os mesmos, anotando as respostas dos estudantes.

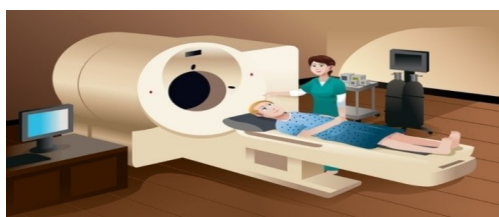
1. O que vocês sabem sobre Radioterapia?
2. É possível utilizar o Raio X, no processo de Radioterapia? Se sim, como?

Distribuimos a todos os estudantes o texto intitulado Radiação, Raio X e Radioterapia e formamos duplas de alunos. Primeiramente, os alunos realizaram, individualmente, uma leitura silenciosa do texto. Em dupla, discutiram, fizeram anotações sobre dúvidas, proposições e outras situações referentes ao conteúdo do texto.

Efetivamos a leitura colaborativa entre os educandos, leitura cuja finalidade é estudar um determinado texto em colaboração com outros leitores, através da mediação feita pelo professor, procurando melhorar as discussões, reflexões e análises, conseqüentemente, o entendimento dos assuntos específicos presentes na contextura. Nesse processo, a participação do professor esteve voltada a criar um clima de liberdade, no qual, cada aluno sente que pode expressar livremente suas ideias, percepções, fazendo interrupções estratégicas e apresentando um trecho do texto de cada vez, interrompendo a leitura e fazendo questionamentos para avaliar se os estudantes compreenderam o fragmento do texto em questão, sempre discutindo no sentido de nortear o aperfeiçoamento das respostas dos estudantes às perguntas do início da aula a partir das inferências dos textos.

### **Texto: Radiação, Raio X e Radioterapia.**

Figura 20: Ilustração de tratamento radioterápico.



Fonte: <https://www.tuasaude.com/radioterapia/>.

As radiações são processos físicos de emissão e propagação de energia, podendo ser eletromagnética ou corpuscular. Na primeira forma, locomove-se através de uma onda eletromagnética constituída por um campo elétrico e um campo magnético oscilantes e perpendiculares entre si, na segunda, propaga-se através de partículas subatômicas, prótons, elétrons e outras, resultantes de fissão nuclear, como os nêutrons. As radiações podem ser agrupadas em ionizantes, transportam energia suficiente para produzir ionização, ou seja, o fenômeno onde o elétron é arrancado do átomo, e não ionizantes.

As radiações ionizantes podem ser classificadas como diretamente, têm cargas elétrica, partículas alfas (formada por dois prótons e dois nêutrons) e beta (o nêutron se desintegra em um próton ou um elétron, e este é expulso do núcleo), e indiretamente, são aquelas sem carga elétrica, como os Raios Gama, correspondente à energia excedente emitida por um núcleo instável, após a emissão de partículas alfa ou beta, e os Raios X, resultante da desaceleração de elétrons em alta velocidade quando entram em choque com um “alvo”. Estes, raios gama e X, apesar de gerados de forma distinta, têm a mesma natureza física.

A radioatividade tem larga aplicação em nossa sociedade, inclusive, na medicina, na qual se usa isótopos, para diagnósticos, tratamentos e detecção de drogas e hormônios no organismo, e os raios X, utilizados em equipamentos radiológicos para produção de imagem feitas para examinar partes internas do corpo sem precisar fazer cortes ou perfurações, assim, fraturas podem ser visualizadas com facilidade, tumores, cáries, osteoporose, pneumonia, tuberculose, dentre outras doenças, diagnosticadas. Além disso, objetos alojados no corpo, como balas de armas de fogo ou pedaços de ferro podem ser localizados. Podendo ainda, ser utilizada em química de contraste, identificação das estruturas dos vasos sanguíneos, músculos e na radioterapia em combate ao câncer.

A radioterapia é um tratamento localizado de combate ao câncer utilizando radiação de alta energia para impedir a proliferação de células cancerígenas, existindo três formas de tratamento, utilizadas de acordo com o tipo e tamanho do tumor a ser tratado, são elas: Braquiterapia: A radiação é enviada ao corpo através de aplicadores especiais, como agulhas ou fios colocados diretamente no local a ser tratado, exemplos: câncer da próstata e útero. Injeção de radioisótopos ou Teleterapia: um líquido radioativo é aplicado diretamente na corrente sanguínea do paciente, sendo normalmente usada em casos de câncer de tireoide, e Radioterapia com Feixe Externo: a radiação é emitida por um aparelho direcionado ao local a ser tratado. Essa é a forma mais utilizada nos tratamentos.

As fontes de energia utilizadas na radioterapia geram radiações ionizantes a partir da energia elétrica, liberando raios X e elétrons, ou por meio de fontes de isótopo radioativo, como por exemplo, pastilhas de cobalto, as quais geram raios gama. Esses aparelhos são usados como fontes externas, mantendo distâncias da pele de 1 centímetro a 1 metro (Teleterapia). No caso dos raios X, a radiação é aplicada em vários ângulos diferentes onde cada dose, pré-calculada, é direcionada em um determinado tempo, a um volume de tecido do tumor, buscando erradicar todas as células tumorais, com o menor dano possível às células saudáveis circunvizinhas, à custa das quais se fará a regeneração da área irradiada.

No uso da radioterapia para combater o câncer são comuns alguns efeitos colaterais, geralmente desaparecem ao final do tratamento, variando de acordo com o paciente, a região irradiada do corpo, o tipo e a quantidade da radiação administrada. Podemos citar: fadiga acompanhada de um estado depressivo, perda de apetite; dores de cabeça, náuseas, vômitos, distúrbios sexuais e problemas de fertilidade, queda de cabelo, dentre outros. Fonte: Autoria Própria (Adaptação de outros textos, referências no produto educacional, apêndice A).

Para continuarmos avaliando os processos de ensino e aprendizagem os educandos receberam, em dupla, uma atividade de reflexão composta por cinco questões abertas, voltadas a continuar estudando e dialogando sobre o conteúdo presente no texto a partir de respostas explícitas ou implícitas advindas do mesmo. Disponibilizamos para os alunos, por meio de aplicativo de mídia social, o texto e a atividade de reflexão para futuras leituras. Segue a atividade de reflexão.

### **Atividade de reflexão sobre o texto da aula Radiação, Raio X e Radioterapia.**

Com base no texto e em seus conhecimentos prévios a respeito de radiação, raio X e radioterapia responda às questões a seguir.

1- Conforme o texto, defina que tipo de radiação são os raios X e quais as suas características físicas?

---

---

2. Considerando a radioatividade possuir larga aplicação social, inclusive na medicina, sendo os raios X radiação ionizante indireta, ou seja, não possui carga elétrica, descreva algumas vantagens e desvantagens do uso dos mesmos nos tratamentos medicinais.

---

---

3. A radioterapia é realizada para tratar tumores malignos, incluindo cânceres de cérebro, mama, colo do útero, laringe, pulmão, pâncreas, próstata, pele, coluna, estômago, garganta e pescoço. Ela também, pode ser usada no combate de leucemias e linfomas, existindo três formas de tratamento, essas, utilizadas de acordo com o tipo e tamanho do tumor. Descreva sucintamente sobre essas maneiras de tratamento.

---

---

4. A radiação é, por vezes, o único tipo de tratamento necessário a um paciente, mas alguns tipos de tumores respondem melhor a uma combinação de abordagens, podendo envolver a radioterapia e cirurgia, quimioterapia, terapia hormonal e/ou imunoterapia. Quando a radioterapia é realizada para potencializar a eficácia de um outro tipo de tratamento, é denominado terapia adjuvante. No caso da radioterapia com uso dos raios X descreva seu objetivo e modo de aplicação.

---

---

5. Na radioterapia o número de aplicações necessárias pode variar de acordo com a extensão e a localização do tumor, resultados dos exames, estado de saúde do paciente, afetando apenas a área do corpo onde o tumor está localizado, mas mesmo assim, há efeitos colaterais do tratamento, descreva a respeito desses efeitos.

---

---

A sexta aula, iniciamos realizando um experimento para o estudo do fenômeno da Ressonância. Formamos grupos de quatro alunos, descrevemos os materiais, as funções de cada um deles no experimento, montamos o experimento, orientamos os procedimentos de testes a serem feitos pelos estudantes e experimentamos. Descreveremos abaixo de forma mais detalhada as características do experimento.

Os materiais utilizados foram uma placa metálica de alumínio quadrada de 40cm de lado, um alto falante, cloreto de sódio (sal de cozinha), um cabo de áudio, um gerador de tons/aparelho de celular e um parafuso com porca. Para montar, perfuramos a placa metálica no centro (no ponto de intersecção das duas diagonais), prendemos o alto falante a placa utilizando o parafuso e a porca, conectamos o alto falante ao gerador de tons/aparelho de celular

por meio do cabo de áudio. Espalhamos, aleatoriamente, o sal de cozinha sobre a placa metálica. Ligamos o aparelho de celular liberando música. Observamos que o sal se agita sobre a placa, acumulando-se em alguns pontos, nos quais a chapa não está vibrando. Esse acúmulo produz os padrões que sofrem alterações de acordo com os sons da música.

Na experimentação, o aluno deveria entender que ao criar uma frequência harmônica sobre a placa, surgiram ondas estacionárias ressonantes sobre ela. As ondas estacionárias ressonantes têm um comprimento de onda semelhante ao comprimento de onda da placa e uma fração inteira de alguma das dimensões da diagonal ou do lado da placa. Com isto, criam-se regiões onde a vibração é mais forte e não há nenhum acúmulo de sal e regiões sem vibrações onde o sal se acumula. Durante seu desenvolvimento, nossas discussões estiveram direcionadas a responder, por meio da mediação dos diálogos, prioritariamente, os seguintes questionamentos:

1. No experimento, vocês percebem a presença de fenômeno ondulatório? se sim, as ondas formadas são estacionárias?
2. No experimento, percebe-se a formação do fenômeno de Ressonância? Se sim, explique como?

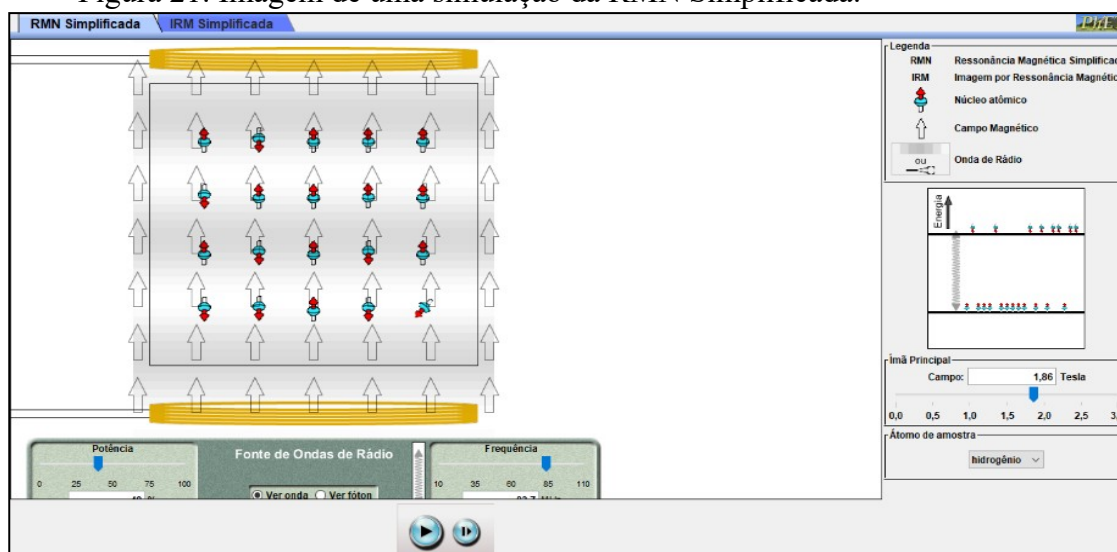
Para continuar refutando ou confirmando as ideias dos alunos sobre Ressonância, bem como introduzir os ensinamentos sobre Ressonância Magnética Nuclear, exibimos como sensibilização, ilustração e conteúdo de ensino um vídeo, com o título: Aparelho de Ressonância Magnética Como Funciona? O vídeo aborda o funcionamento do aparelho de Ressonância Magnética, considerando as relações existentes entre a estrutura do equipamento e o fenômeno da formação da imagem, inclusive, evidenciando os aspectos físicos envolvidos: eletroímã, corrente elétrica, campo magnético, alinhamento dos prótons, dentre outros. Esse é link de acesso ao vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=Z31i7nHK5gU>.

Após a exibição completa do vídeo, iniciamos as discussões referentes aos conteúdos do mesmo, nesse momento, o filme foi reexibido com pausas estratégicas que facilitavam os processos de diálogo e compreensão. Além disso, orientamos aos grupos de alunos que considerando seus conhecimentos, pesquisas, partindo das suas análises e entendimentos advindos do experimento e do vídeo, produzissem extra sala de aula, uma síntese referente à temática Ressonância Magnética Nuclear. Disponibilizamos para os alunos, por meio de aplicativo de mídia social, o vídeo, assim como as orientações sobre o experimento.

Na sétima aula, inicialmente, discutimos aspectos das sínteses orientadas na última aula e produzidas pelos alunos. Nesse momento, procuramos evidenciar pontos positivos e negativos presentes nas produções, ligados ao conceito de Ressonância Magnética Nuclear. Para continuarmos aperfeiçoando as aprendizagens dos educandos em relação à física, à saúde humana e à Ressonância Magnética Nuclear, utilizamos como recurso pedagógico uma simulação do Simulador Phet, intitulada: Luz e Radiação: Imagem de Ressonância Magnética Simplificada. Segue o Link de acesso: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/mri](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/mri). A simulação possibilita analisar o fenômeno da Ressonância Magnética Nuclear (RMN), na qual se pode escolher o núcleo atômico (tipo de átomo: Hidrogênio, Nitrogênio, Carbono e outros), as fontes de ondas de rádio (onda ou fóton), ajustar a frequência da onda de rádio, definir a potência, definir a intensidade do campo magnético, variar os níveis de energia, gerando os alinhamentos dos prótons do núcleo atômico. O manuseio da ferramenta é simples, escolhe o item, clica e arrasta até onde deseja, ou clica e seleciona o que deseja, ou clica onde deseja. No apêndice A desse trabalho, disponibilizamos um guia para professor, traduzido do originário do simulador Phet, de como melhor manusear a ferramenta.

A figura 21 ilustra uma tela do simulador em funcionamento para análise da RMN Simplificada. A potência é de 40 w, a fonte de onda de rádio é uma onda, a frequência da onda é 85 Hz, o átomo da amostra é o Hidrogênio, a intensidade do campo magnético é de 1,86 tesla, havendo variação dos níveis de energia. Tornando-se possível visualizar na parte maior da tela a onda (representada na cor cinza), o campo magnético (representado pelas setas), assim como os alinhamentos do átomo da amostra (representado pela ilustração colorida em azul, branco e vermelho).

Figura 21: Imagem de uma simulação da RMN Simplificada.

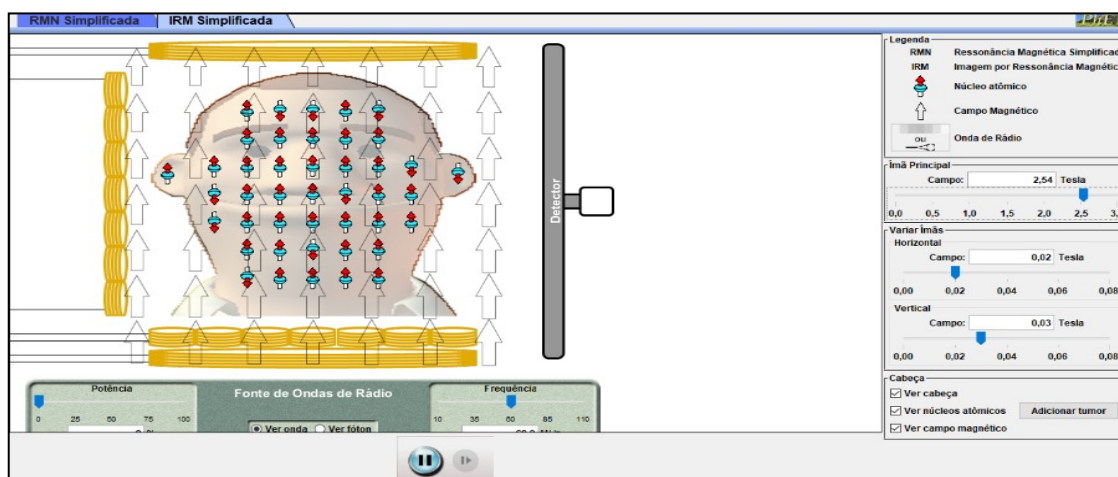


Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)



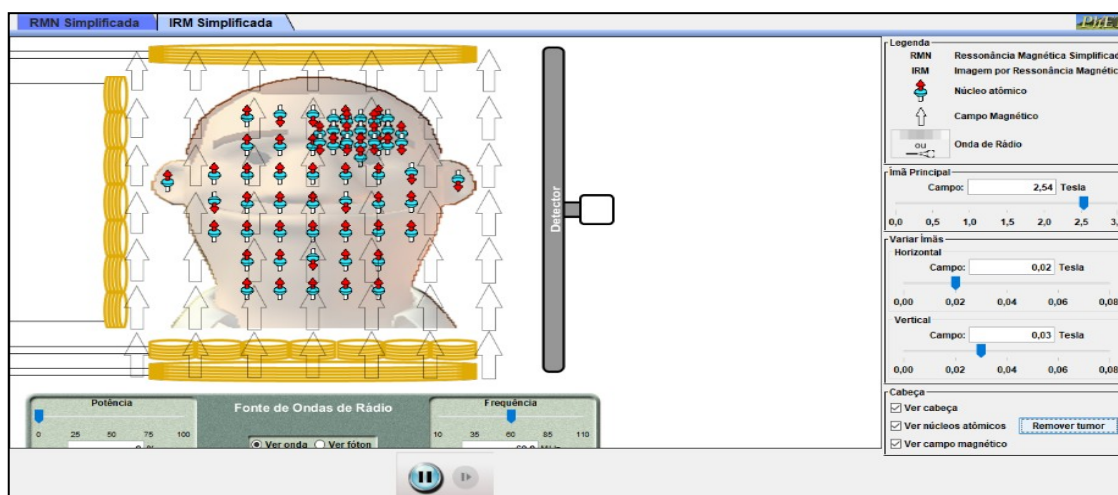
Um dos nossos principais objetivos em realizar a simulação era analisar a Imagem por Ressonância Magnética (IRM). Partimos da suposição da existência de um tumor ou não na região de uma cabeça humana, partindo do seguinte questionamento: Se há um tumor, a Imagem por Ressonância Magnética pode confirmar? No decorrer dos estudos, fica evidente que a cabeça está cheia de pequenos transmissores de rádio (os spins nucleares dos núcleos de hidrogênio nas suas moléculas de água) em uma unidade de Ressonância Magnética, esses pequenos rádios transmitem suas posições, gerando uma imagem detalhada do interior da cabeça, sendo possível detectar o tumor ou não. Apresentamos duas imagens do simulador em funcionamento. A imagem da figura 22 sem a presença do tumor e a da figura 23 com presença do tumor.

Figura 22: Imagem de uma simulação da IRM da cabeça sem o tumor.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)

Figura 23: Imagem de uma simulação da IRM da cabeça com o tumor.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)

Para efetivarmos a atividade, utilizamos um projetor conectado ao notebook, online, no entanto, é possível fazer off-line, acessamos o Simulador Phet, assim, fomos realizando o experimento virtual. Os alunos acompanhavam reunidos em duplas. Durante esse processo, demonstramos gradativamente partes e aspectos da simulação (frequência, potência, campos magnéticos, núcleos atômicos e outros), sempre dialogando, questionando, além de responder perguntas dos alunos.

Após as devidas discussões, os discentes se organizaram em duplas para fazermos a atividade de fixação, essa, composta por oito proposições referentes aos conceitos estudados, para serem julgadas se certas ou erradas, se incorretas justificar. Disponibilizamos para os alunos suas sínteses, com orientações e correções, a atividade de fixação e o link para acesso à simulação. Solicitamos que os mesmos, posteriormente, realizassem a simulação. Segue a atividade de fixação.

### **Atividade de fixação sobre a aula Ressonância Magnética Nuclear.**

1. A Ressonância Magnética Nuclear é uma técnica capaz de permitir e determinar propriedades de uma substância através do correlacionamento da energia absorvida contra a frequência, na faixa de megahertz do espectro eletromagnético, caracterizando-se como sendo uma espectroscopia. As proposições a seguir são referentes a Ressonância Magnética Nuclear, analise as mesmas, classificando-as como certas (C) ou erradas (E), se erradas, justifique sua resposta.

1.1. ( ) A Ressonância Magnética Nuclear usa as transições entre níveis de energia rotacionais dos núcleos componentes dos átomos ou íons contidas na amostra. Isso se dá devido a influência de um campo magnético e a concomitante irradiação de ondas de rádio na faixa de megahertz.

1.2. ( ) A Ressonância Magnética Nuclear (RMN) permite fazer exames bem detalhados de alguns órgãos do corpo humano, mas nem todas as pessoas podem se submeter ao exame, por exemplo, usuários de marcapassos cardíacos se submetem ao exame, já indivíduos com cliques ou molas aneurismática são contraindicados.

1.3. ( ) Na Ressonância Magnética, uma das principais técnicas de diagnóstico por imagem, utiliza-se, fundamentalmente, o campo magnético e as ondas de radiofrequência para captação das imagens do paciente, acontecendo devido ao seguinte princípio físico: quando dois corpos entram em ressonância, a principal característica é o aumento da amplitude das suas vibrações.

1.4. ( ) O funcionamento da Ressonância Magnética pode ser resumido da seguinte maneira: Aplicação de pulsos de radiofrequência à amostra, os núcleos absorvem energia por ressonância e rompem o alinhamento com o campo magnético  $B_0$ . Quando o pulso de frequência é subitamente desligado, os núcleos voltam à sua posição normal, se realinham, nessa circunstância eles emitem um sinal, captado por uma bobina. O sinal é utilizado pelo computador, através de princípios matemáticos e transformado em imagens.

1.5. ( ) O hidrogênio  $^1\text{H}$  é o átomo mais simples, sendo o mais importante para a Ressonância Magnética Nuclear. Além de sua abundância nos sistemas biológicos, o hidrogênio é altamente magnético e extremamente sensível à Ressonância Magnética Nuclear.

1.6. ( ) Podemos citar como vantagens do uso da Ressonância Magnética Nuclear: segurança, não usa radiação ionizante, sendo um modo não invasivo, não destrutivo, as imagens produzidas são de alta resolução, podendo ser utilizadas tanto em sólidos quanto líquidos, a rapidez na análise, quase sempre sem a necessidade de produtos químicos.

1.7. ( ) Podemos citar como desvantagens do uso da Ressonância Magnética Nuclear: elevado custo, o campo magnético é potencialmente perigoso para grávidas, assim como para pacientes que possuem implantes metálicos em seus organismos e apresenta pouca definição na imagem de tecidos ósseos.

1.8. ( ) No exame de Ressonância Magnética Nuclear, os prótons do corpo do indivíduo se orientam apenas a favor da direção do campo magnético do aparelho.

Após a realização da atividade de fixação orientamos a formação de grupos de quatro alunos, solicitando que considerassem seus conhecimentos, os conteúdos e recursos pedagógicos da sequência didática, para aplicarem na produção de folheto sobre temáticas ligadas à Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina para ser apresentado na próxima aula. As produções deveriam seguir as orientações abaixo.

1. Organizar as informações com título e subtítulos, (esse, se necessário), destacados com fonte no mínimo tamanho 14 e em negrito;

2. Produzir texto curto com linguagem correta, objetiva, criativa, utilizando normas padrão de escrita e fonte Arial ou Times New Roman, preferencialmente, tamanho 12;

3. organizar o texto em três partes: introdução, desenvolvimento e conclusão;

4. Utilizar imagens/figuras, preferencialmente, intercaladas com o texto, considerando que os recursos de imagens não podem chamar demasiadamente atenção em relação as informações escritas;

5. Personalizar as margens da folha: superior e lateral esquerda 3 cm, inferior e lateral direita 2 cm.
6. Estruturar o folheto em até duas laudas/páginas tamanho papel A4;
7. Colocar identificação (nomes e contatos dos produtores do folheto);
8. Referendar as fontes de pesquisa no rodapé (referências);
9. Enviar para o e-mail: ckrs35@yahoo.com.br ou ckrs3535@gmail.com.
10. Apresentar o folheto em sala de aula.

Na oitava aula, aplicação do conhecimento, os alunos em seus grupos, formados na última aula, utilizando um projetor, apresentaram seus folhetos referentes ao Raio X, a Radioterapia ou Ressonância Magnética Nuclear, respeitando o tempo de cinco minutos estipulados para cada grupo. Após os estudantes realizarem a exposição e explanação a respeito de seus folhetos, iniciavam-se os diálogos, nos quais, os outros alunos questionavam ou apresentavam proposições sobre os conteúdos abordados. O professor mediava algumas situações, realizava explicações curtas ao final da apresentação dos grupos, nesse caso, somente se necessário. Alguns folhetos produzidos pelos alunos se encontram no final deste trabalho como apêndice (apêndice B).

## CAPÍTULO 5.

### 5. ANÁLISES DOS RESULTADOS.

No planejamento, organização e desenvolvimento da sequência didática, tentamos construir processos que resultassem em vivências potencialmente significativas para as estruturas neuronais e cognitivas dos alunos, procuramos associar os saberes dos estudantes com os conteúdos a serem aprendidos. Essas relações foram feitas, principalmente, a partir da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, além de elementos dos estudos da Neurociência Cognitiva.

Primeiramente, aula um, acionamos os conhecimentos que os alunos já traziam consigo com o intuito de saber a relação do aluno com o que seria ensinado, identificando possíveis dificuldades dos discentes para aplicarmos estratégias de ensino mais eficazes. O Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos foi dividido em duas partes: questionamentos aos alunos, com breve diálogo e anotações de suas respostas para aplicação de uma proposta de produção de texto sobre a temática Física Atômica e Nuclear Aplicada no contexto da medicina. No quadro abaixo, tabela 02, estão os questionamentos iniciais e as respostas dos estudantes.

**Tabela 02: Primeira aula: questionamentos iniciais e respostas dos alunos.**

Questionamentos	Respostas dos alunos
1. O que estuda a Física Atômica e Nuclear?	O átomo e o seu núcleo, as partículas prótons, elétrons e nêutrons, o universo, produção de armas e energia elétrica.
2. Há possibilidade de aplicar Física Atômica e Nuclear na medicina? Se sim, de que forma?	Sim. Diagnóstico e tratamento de doenças, por exemplo, o câncer.
3. O Raio X e a Ressonância Magnética são exemplos da aplicação de Física na medicina? Se sim, como acontece?	Sim. Utilizando equipamentos apropriados para produção do Raio X e da Ressonância Magnética.

4. Existe possibilidade de cuidar de câncer com ajuda de estudos ligados à Física Atômica e Nuclear? Se sim, como isso acontece?	Sim. Utilizando Radioterapia com Raio x ou outras formas.
--	---

Fonte: Autoria própria

Realizamos a leitura e análises das produções textuais dos educandos, considerando as abordagens presentes nas mesmas, bem como suas respostas aos questionamentos, agrupamos os mesmos em seis níveis aproximados de conhecimentos. No quadro descrevemos as características dos alunos em cada nível.

**Tabela 03: Quadro com características dos alunos em cada nível.**

Nível	Características dos Alunos
1	Apresentaram pouca escrita e argumentação, repetindo apenas alguns conceitos presentes nos textos motivadores.
2	Utilizaram principalmente elementos dos textos motivadores, associavam bastante Física Atômica à bomba atômica e sem detalhamentos conceituais.
3	Utilizaram melhor os conceitos dos textos motivadores, citando outros aspectos não presentes nos textos de Física Atômica e Nuclear na medicina.
4	As ideias são mais articuladas, demonstrando conhecimentos de conceitos não presentes nos textos motivadores sobre a temática, principalmente, a respeito de efeitos colaterais do uso da radioatividade na medicina.
5	Demonstram praticamente os mesmos aspectos dos alunos no nível

	Contudo, conseguiam citar também sobre partículas, fissão e fusão nuclear, mesmo sem detalhar processos.
6	Produziram escritas mais organizadas e articuladas sobre a temática, utilizando bem os conceitos dos textos motivadores, demonstrando domínio sobre outros variados conhecimentos a respeito do tema estudado.

Fonte: Autoria própria.

Apresentamos no quadro abaixo, tabela 04, o agrupamento dos alunos por nível, quantidades, percentual, assim como, aspectos dos conhecimentos dos estudantes presentes nas produções textuais.

**Tabela 04: Aspectos dos conhecimentos dos alunos apresentados em cada nível.**

Nível	Quantidade de Alunos	Percentual de Alunos	Conhecimentos Apresentados nas Produções Textuais.
1	08	11%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confirmam que Física Atômica e Nuclear está presente na medicina para diagnósticos ou tratamento de doenças.</li> </ul>
2	20	26%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Citam efeitos colaterais em virtude de tratamentos de câncer com radiação;</li> <li>• Fazem bastante associação de Física Atômica e Nuclear com bomba atômica, sem explicar detalhadamente os processos.</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Associam Física Atômica e Nuclear ao entendimento</li> </ul>

3	18	24%	<p>das propriedades básicas da matéria e a investigação do surgimento do universo;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apontam o uso de radioatividade na medicina, mas não esclarecem bem os processos, mesmo citando feixes de isótopos radioativos para tratamento de câncer;</li> <li>• Exemplificam o uso do raio X e da Ressonância Magnética como importantes na medicina preventiva e curativa.</li> </ul>
4	16	21%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expõem sobre radioterapia com explicações mais articuladas, inclusive, citam sobre radiação gama;</li> <li>• Relatam a importância da Física Atômica e Nuclear no estudo das partículas fundamentais e das imensas estruturas que formam o universo;</li> <li>• Mencionam de forma mais clara as relações da Física Atômica e Nuclear com a geração de energia elétrica, a produção de armas e o uso na medicina;</li> </ul>



			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detalham melhor os efeitos colaterais ao utilizar radiação para tratamentos de doenças;</li> <li>• Confundem quimioterapia com radioterapia, afirmando ambas serem tratamentos com radiação.</li> </ul>
5	08	11%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Citam, prótons, elétrons e nêutrons, decaimento radioativo, rádio nuclídeos, fissão e fusão nuclear, sem detalhar os processos.</li> </ul>
6	06	07%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferenciam Física Atômica da Física Nuclear', porém, alguns apontam a Física Atômica inclusa na Nuclear;</li> <li>• Associam de maneira mais articulada radiação gama, partículas beta, pósitron, isótopos radioativos na medicina;</li> <li>• Citam variação eletromagnética do núcleo;</li> <li>• Colocam a Física Atômica com menos influência medicinal que a Física Nuclear;</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Associam mais claramente o raio X ao tratamento de câncer.</li> </ul>
--	--	--	--

Fonte: A autoria própria.

Na aula dois, apoiados nas informações coletadas junto aos alunos durante o diagnóstico, tendo ciência de que uma aprendizagem significativa denota a assimilação de um novo conhecimento à estrutura cognitiva do educando, seguiremos mostrando os efeitos das estratégias de ensino da sequência didática na aprendizagem dos alunos, as análises dos dados coletados e os resultados obtidos. Ao trabalhar o primeiro conteúdo, nossas finalidades foram discutir de modo a reforçar e aprimorar os saberes dos estudantes a respeito da evolução do modelo atômico favorecendo a criação de elementos de base para os conteúdos a serem desenvolvidos posteriormente na sequência didática.

Nossos recursos pedagógicos e estratégias didáticas estiveram direcionados a responder, inicialmente, os questionamentos presentes na tabela 05, na qual, estão também as respostas dos estudantes, essas organizadas a partir das colocações dos mesmos em sala de aula.

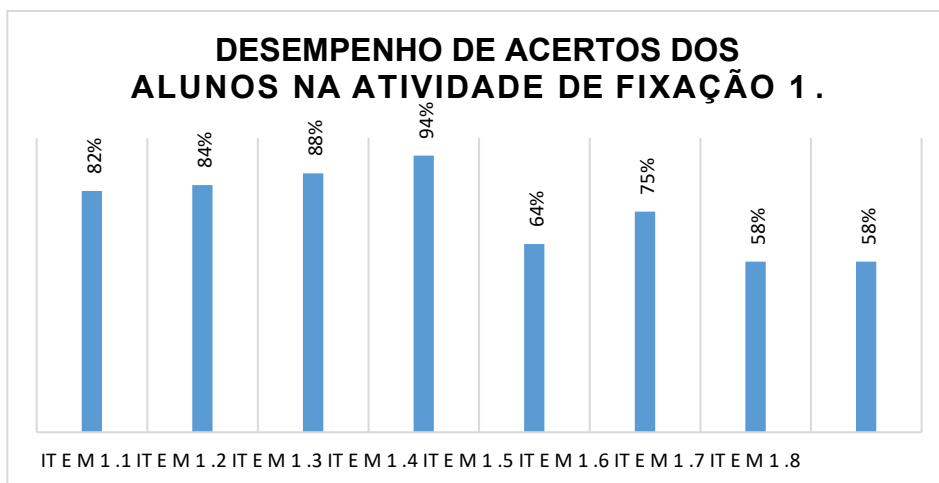
**Tabela 05: Segunda aula: questionamentos iniciais e respostas dos alunos.**

Questionamentos	Respostas dos alunos
1. O que é um átomo?	O átomo é o elemento formador da matéria sendo constituído das partículas prótons, nêutrons e elétrons.
2. Quais as características de um átomo?	O átomo está dividido em núcleo e eletrosfera, possui partículas com cargas elétricas ou neutras, é eletricamente neutro.
3. O modelo atômico sofreu mudanças ao longo do tempo? Se sim, como aconteceu?	3. Sim, evoluiu cientificamente saindo da ideia de uma esfera maciça e indivisível até chegar ao modelo onde tem o núcleo com prótons e nêutrons e a eletrosfera com elétrons.

Fonte: A autoria própria.

Durante as discussões, com auxílio dos slides, os estudantes, em sua grande maioria, participaram bastante, demonstrando conhecimentos relevantes sobre os modelos atômicos, exceto o de Bohr, esse, para cerca de 20%, era novidade. Após a exposição e debate do conteúdo, aplicamos uma atividade de fixação para contribuir na avaliação do andamento da sequência de ensino, assim como, na assimilação das aprendizagens dos alunos. Apresentamos, em percentual, no gráfico 24 o desempenho de acertos dos itens trabalhados, nele observamos que os menores desempenhos foram nos itens 1.5, 1.7 e 1.8, respectivamente, 64, 58 e 58% de acertos. Os três itens tratam de conteúdos referentes ao modelo de Bohr. A atividade foi realizada em duplas com proposições certas ou erradas, justificando as erradas, participaram da mesma, 72 alunos, correspondente a 93% do grupo de pesquisa.

Figura 24: Gráfico de desempenho dos alunos atividade de fixação 01.



Fonte: Autoria própria.

Na aula três, observando que ao se tratar de partículas, os estudantes nas produções textuais de sondagem, da mesma maneira que, nas discussões realizadas mencionavam apenas o pósitron, nêutrons, prótons e elétrons, exteriorizando maiores conhecimentos sobre as duas últimas. Diante desse fato e das necessidades de potencializar ainda mais as experiências dos alunos, continuamos trabalhando sobre Física Atômica e Nuclear. Iniciamos os diálogos, considerando os questionamentos presentes na tabela 06, no qual estão também as respostas dos estudantes, essas, construídas a partir das falas dos alunos durante o diálogo, elas evidenciam avanços de conceitos comparados às aulas anteriores.

**Tabela 06: Terceira aula: questionamentos iniciais e respostas dos alunos.**

Questionamentos	Respostas dos alunos
1. Quais os aspectos do modelo atômico de Rutherford?	O átomo possui na região central um núcleo massivo, denso e com carga positiva, no qual estão os prótons, e uma eletrosfera ao redor do núcleo, no qual estão localizados os elétrons com carga negativa.
2. Cite diferenças entre o modelo de Rutherford e o de Bohr?	Rutherford: Devido à eletrosfera dos elétrons ser maior que o núcleo, eles giravam em torno do núcleo em alta velocidade sem colidir, enquanto para Bohr, devido os elétrons absorverem energia saltam para níveis mais afastados do núcleo e ao voltarem para órbitas de origem, devolvem a energia recebida.
3.No átomo existem outras partículas além de prótons, elétrons e nêutrons? Se sim, quais?	Sim, pósitron e os fótons. Identificando a última, como partícula constituinte da luz.

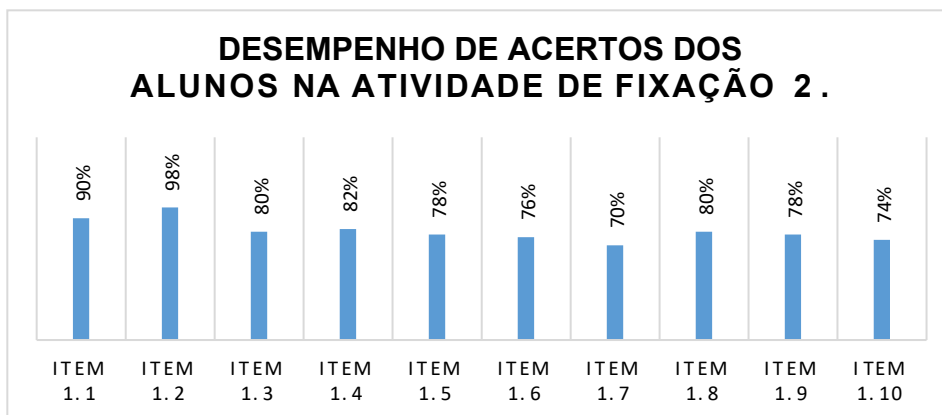
Fonte: Autoria própria.

Os recursos didáticos utilizados, vídeo e mapa conceitual foram bem aceitos pelos alunos, pois, durante as discussões em sala de aula os estudantes se referiam bastante aos conteúdos dos mesmos para explanarem suas ideias, utilizando-os como suporte para resolverem a atividade de fixação. Nas explanações e diálogos sobre os conteúdos presentes nos mesmos, percebemos, na maioria dos educandos, empolgação e curiosidade, perguntando bastante a respeito das características das partículas desconhecidas por eles, como: quarks, glúon, neutrinos, ou já conhecidas por alguns deles, como o pósitron e o fóton.

Para continuar contribuindo com as reflexões dos alunos e, possivelmente, favorecer a fixação de novos conceitos a respeito das características das partículas e do átomo realizamos uma atividade em duplas constituída de proposições certas ou erradas, sendo preciso justificar

as erradas. Apresentamos no gráfico 25, em percentual, o desempenho de acertos dos itens trabalhados.

Figura 25: Gráfico de desempenho dos alunos atividade de fixação 02.



Fonte: Autoria própria.

No gráfico 25, é possível observar os bons desempenhos dos alunos, no qual o item 1.7 (Os prótons possuem carga elétrica positiva, possuem massa cerca de 1840 vezes maior que a dos elétrons e são constituídos por duas partículas quarks) apresentou o menor percentual de acerto, 70%. Ainda a respeito desse item, 10% julgou verdadeiro e os outros 20%, mesmo julgando errado, justificou incorretamente. Participaram da atividade 70 alunos, aproximadamente 91%.

Na aula quatro, as produções e diálogos resultantes do levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes expressavam, sem muitos esclarecimentos dos processos, termos como radioatividade, radiação Gama, Raio x, fissão nuclear e fusão nuclear. Diante dessas evidências dos saberes dos educandos, bem como, das necessidades de aproveitar os resultados das últimas aulas com a finalidade de continuar avançando na abordagem da temática em estudo, trabalhamos temáticas referentes aos conceitos de radioatividade, radiação ionizante e não ionizante, reações nucleares: fissão e fusão, radiações de partículas alfa e beta, raio gama e raio X.

**Tabela 07: Quarta aula: questionamentos iniciais e respostas dos alunos.**

Questionamentos	Respostas dos alunos
1.Quais os fenômenos radioativos, tipos ou forma de radiações vocês conhecem?	Radiação gama, radiação ultravioleta, micro-ondas.

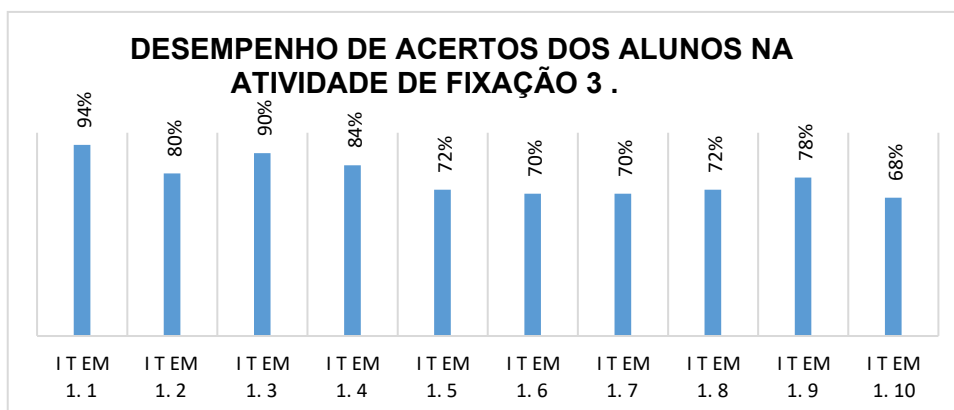
2.As partículas são capazes de emitir radiação? Se sim, quais partículas?	Sim. Elétrons.
3.O Raio X é um tipo de radiação? Se sim, por quê?	Sim. Radiação ionizante, capaz de se propagar como onda e atravessar corpos, servindo para fazer exames médico.

Fonte: Autoria própria.

Durante o desenvolvimento das atividades pedagógicas, os alunos demonstraram maiores conhecimentos sobre reações nucleares (fissão e fusão nuclear), as partículas alfa e beta e a radiação Gama, pois já havia estudado no mesmo ano letivo sobre esses fenômenos no conteúdo de radioatividade na disciplina de Química. Referente aos Raios X, afirmavam ser fruto de um fenômeno radioativo, talvez, fosse onda eletromagnética. Enfatizavam seu importante uso na medicina. Nenhum aluno conseguia explicar o seu processo físico originário. Nessa aula, nossa abordagem foi mais aprofundada a respeito dos Raios X, sendo um ponto de surpresa para os alunos o fato do fenômeno dos Raios X está intimamente ligado a um dos postulados de Bohr.

Aplicamos com alunos em duplas uma atividade de fixação composta por proposições a serem julgadas se corretas ou erradas, sendo necessário justificar as erradas. O gráfico 26 mostra os percentuais de acertos dos educandos para cada item, analisando o mesmo, apesar dos bons resultados, os itens 1.5, 1.6, 1.7, 1,8 e 1.10 com menores percentuais de acertos referem-se aos conteúdos ligados ao fenômeno dos Raios X.

Figura 26: Gráfico de desempenho dos alunos atividade de fixação 03.



Fonte: Autoria própria.

Na aula cinco, Para trabalharmos os conceitos de radiação voltados às relações do Raio X e à Radioterapia, fortalecendo ou refutando ideias dos alunos no momento da sondagem, (efeitos colaterais ao utilizar radiação para tratamentos de doenças, confusão entre Quimioterapia e Radioterapia, afirmando ambas serem tratamentos com radiação, associação do Raio X ao tratamento de câncer, o uso de radioatividade na medicina, mas não esclarecendo os processos, mesmo citando feixes de isótopos radioativos para tratamento de câncer); iniciamos os diálogos procurando entender melhor os conhecimentos dos alunos a respeito dos questionamentos presentes na tabela, na qual estão também as respostas dos estudantes, estas, foram diretas e sem muitas argumentações. Aproveitamos o momento para esclarecer, tomando como base a resposta 1, aspectos diferenciais entre a Quimioterapia e a Radioterapia.

**Tabela 08: Quinta aula: questionamentos iniciais e respostas dos alunos.**

Questionamentos	Respostas dos alunos
1. O que vocês sabem sobre Radioterapia?	Processo com radiação para tratamento de câncer.
2. É possível utilizar o Raio X, no processo de Radioterapia? Se sim, Como?	Sim. Incidindo radiação Raio X sobre a área cancerígena

Fonte: Autoria própria.

Utilizando o texto como recurso de estudo, percebemos em muitos estudantes dificuldades de interpretação, desconhecimento de significados de várias palavras, possivelmente, o uso do dicionário teria ajudado em uma melhor compreensão textual. Nossos instrumentos de avaliação foram os diálogos e as respostas da atividade de reflexão do texto composta por cinco questões. Apresentaremos as mesmas, faremos análises sobre o perfil das respostas dos estudantes, além de mostrarmos dois exemplos de respostas para cada uma delas. A atividade foi realizada em duplas com 68 alunos participantes, esses responderam todas as questões.

**Questão 1:** Conforme o texto, defina que tipo de radiação são os raios X, quais as suas características físicas?

As respostas de 80% dos alunos apresentaram bons ou excelentes argumentos, ou seja, respondiam com clareza e conceitos corretos o questionamento, apesar da maioria delas

apresentarem apenas elementos do texto. Os outros 20% fizeram confusão das características do Raio X com as do raio Gama. Seguem exemplos:

Resposta correta das alunas G.K e G.S- 3º ano B: Radiação ionizante indireta são ondas eletromagnéticas, não possui carga elétrica, é resultante da desaceleração de um elétron em alta velocidade quando entra em choque com um alvo, possui a capacidade de atravessar corpos de baixa densidade e são absorvidas por materiais de maiores densidades, facilitando exames na medicina.

Resposta com equívocos do aluno C.L e aluna I.A- 3º ano B: Radiação Ionizante indireta são ondas eletromagnéticas, não possui carga elétrica, corresponde à energia excedente emitida por um núcleo instável, após a emissão de partículas alfa ou beta. São usados na medicina em equipamentos radiológicos para exames de imagens.

**Questão 2:** Considerando a radioatividade possuir larga aplicação social, inclusive na medicina, sendo os raios X radiação ionizante indireta, ou seja, não possui carga elétrica, descreva algumas vantagens e desvantagens do uso dos mesmos nos tratamentos medicinais.

Praticamente todas as duplas responderam com bons ou excelentes argumentos. Apenas uma dupla trocou as vantagens por desvantagens. Para responder à questão, todos os educandos utilizaram apenas argumentos explícitos no texto.

Resposta correta das alunas M.B e A.T- 3º ano B: Vantagens: Não precisa fazer cortes ou perfurações para examinar partes internas do corpo, podendo visualizar fraturas, tumores, pneumonia, dentre outras doenças. Além disso, pode-se localizar objetos dentro do corpo, como balas de arma de fogo. Desvantagens: Efeitos colaterais no tratamento com radioterapia: náuseas, distúrbios sexuais e outros.

Resposta com equívocos do aluno F.N e aluna I.N- 3º ano B: Vantagem: Efeitos colaterais no tratamento com Radioterapia. Desvantagem: Danos ao organismo humano quando exposto aos Raios X com frequência, como: fadiga, dores de cabeça e infertilidade.

**Questão 3:** A radioterapia é realizada para tratar tumores malignos, incluindo cânceres de cérebro, mama, colo do útero, laringe, pulmão, pâncreas, próstata, pele, coluna, estômago, garganta e pescoço. Ela também, pode ser usada no combate de leucemias e linfomas, existindo três formas de tratamento, essas, utilizadas de acordo com o tipo e tamanho do tumor. Descreva sucintamente sobre essas maneiras de tratamento.

Apesar da resposta estar explícita no texto e presente em um mesmo parágrafo, foi surpreendente o baixo desempenho dos alunos, pois, apenas 59%, 40 de um total de 68 alunos,



responderam corretamente. O restante deles ou apenas citaram as três formas de tratamento, trocando suas características ou deram respostas completamente equivocadas.

Resposta correta dos alunos H.V e L.R- 3º ano B: Braquiterapia: A radiação é enviada ao corpo através de aplicadores especiais, como agulhas ou fios, são colocados diretamente no local a ser tratado. Teleterapia: um líquido radioativo é aplicado diretamente na corrente sanguínea do paciente. Radioterapia com Feixe Externo: a radiação é emitida por um aparelho direcionado para o local a ser tratado. Essa é a forma mais utilizada nos tratamentos.

Resposta equivocada dos alunos D.S e R.H- 3º ano B: Alfa: formada por dois prótons e dois nêutrons. Beta: o nêutron se desintegra em um próton ou um elétron e este é expulso do núcleo. Gama: não possui carga elétrica, semelhante ao Raio X.

**Questão 4:** A radiação é, por vezes, o único tipo de tratamento necessário a um paciente, mas alguns tipos de tumores respondem melhor a uma combinação de abordagens, podendo envolver a radioterapia e cirurgia, quimioterapia, terapia hormonal e/ou imunoterapia. Quando a radioterapia é realizada para potencializar a eficácia de um outro tipo de tratamento, é denominado terapia adjuvante. No caso da radioterapia com uso dos raios X, descreva seu objetivo e modo de aplicação.

Os estudantes demonstraram grande assertividade na resolução da questão, 95% de acertos, apresentando respostas de inferência, praticamente, exclusiva do texto.

Resposta correta das alunas I.V e L.S- 3º ano A: A radiação, Raio X, é aplicada de vários ângulos diferentes, cada dose, pré-calculada, é aplicada em um determinado tempo, a um volume de tecido que engloba o tumor, buscando erradicar todas as células tumorais com o menor dano possível às células saudáveis circunvizinhas, à custa das quais se fará a regeneração da área irradiada.

Resposta equivocada dos alunos S.C e G.S- 3º ano A: A aplicação ocorre sobre o tumor para diminuir o mesmo, assim, poder retirá-lo.

**Questão 5:** Na radioterapia, o número de aplicações necessárias pode variar de acordo com a extensão e a localização do tumor, resultados dos exames e estado de saúde do paciente, afetando apenas a área do corpo onde o tumor está localizado, mas mesmo assim, há efeitos colaterais do tratamento, descreva a respeito desses efeitos.

As respostas não foram tão satisfatórias, ficaram divididas, meio a meio, apresentando duas características: citar efeitos colaterais ou afirmar que os efeitos colaterais são frutos da rejeição da radiação pelo corpo humano.

Resposta das alunas C.A e M.S-3º ano A: Os efeitos colaterais são fadiga, perda de apetite, distúrbio sexual, problemas de fertilidade, dores de cabeça, entre outros.

Resposta do aluno J.A e aluna M.B-3º ano A: Ocorre devido o corpo do paciente não está acostumado com radiação e a rejeita, ocasionando efeitos colaterais.

Na aula seis, durante a efetivação das estratégias de ensino ligadas ao experimento e exibição do vídeo, os alunos se mostraram bastantes participativos nos processos e discussões. Avaliamos as possibilidades ofertadas aos estudantes para possíveis reflexões capazes de melhorar seus conhecimentos de Física vinculados à ressonância, eletroímã, corrente elétrica, campo magnético, alinhamento dos prótons no aparelho de Ressonância Magnética, dentre outros. Nosso principal instrumento avaliativo foram as sínteses produzidas em grupo pelos educandos. Transcreveremos a seguir, partes de escritas de algumas delas, evidenciando os possíveis bons resultados das atividades desenvolvidas.

Grupo dos alunos A.N, A.F, C.D e S.R- 3º ano A: Participar do experimento facilitou entender as ideias da Física, no nosso caso, da Ressonância.

Grupo dos alunos V.G, T.G, R. E e D.S -3º ano A: Pelo experimento, no nosso entendimento, por meio do fenômeno das ondas acontece a ressonância, ou seja, quando um corpo começa a vibrar por influência de outro, na mesma frequência deste.

Grupo dos alunos D.A, E.S, M. P e M.S-3º ano B: No experimento, a Ressonância acontece na placa devido ela receber energia por meio, de excitadores, o som, com iguais frequências da sua natureza de vibração, por isso, o sal de cozinha vibra sobre ela.

Grupo dos alunos E.C, L.V, L. M e T.M-3º ano A: Eletroímã é um campo magnético gerado por uma corrente elétrica. No funcionamento de um aparelho de Ressonância Magnética, o eletroímã usa corrente elétrica para gerar campo magnético, por meio de uma bobina.

Grupo dos alunos A.R, E.V, M. S e F.L-3º ano B: Conforme os debates e o vídeo, um corpo de uma pessoa ao entrar no aparelho de Ressonância Magnética, não se pode possuir nenhum metal acompanhado devido ao forte campo magnético.

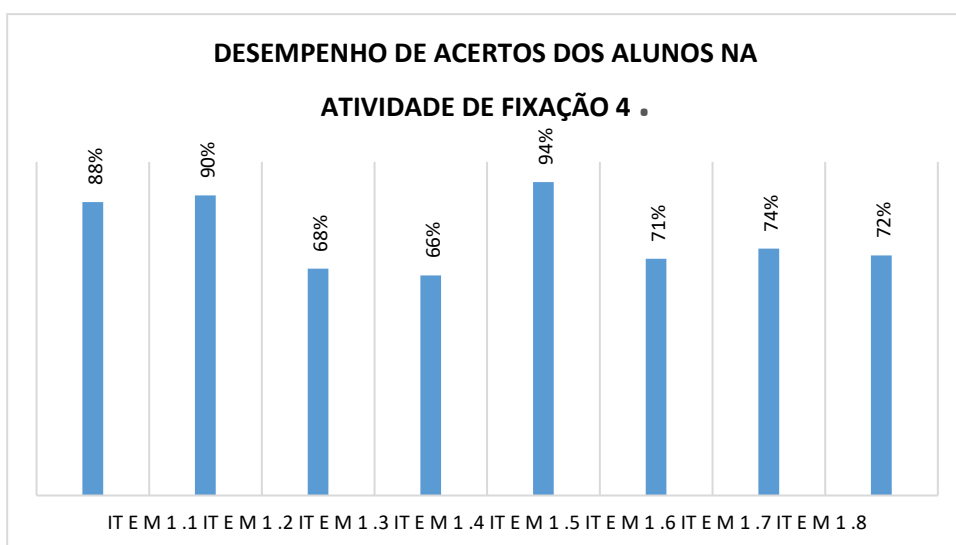
Grupo dos alunos A.E, J.C, G. S e J.A-3º ano A: O Aparelho de Ressonância Magnética combina um campo eletromagnético com radiofrequência. Pelo vídeo, o eletroímã afeta os prótons do corpo, cada próton tem um campo magnético e são alinhados pelo eletroímã reagindo a frequência de rádio, as células com radio frequências com os prótons geram um mapa dos prótons.

Grupo dos alunos R.A, J.A, C. A e M.A-3º ano A: Um aparelho de Ressonância funciona induzindo um campo magnético no interior do corpo vendo como as células individuais reagem a ele, conseguindo vê imagens dos órgãos do corpo.

Na aula sete, utilizamos uma simulação. Esse recurso foi bem aceito pelos estudantes, contribuindo de forma bastante positiva para participação dos estudantes. Durante o desenvolvimento da sequência didática, observamos que essa foi a aula no qual os educandos mais questionaram e elogiaram o material didático, ou seja, os alunos demonstraram maior disposição para aprender, possibilitando um melhor andamento das atividades e, provavelmente, boas aprendizagens.

Além dos diálogos com resultados bastante produtivos, usamos como instrumento avaliativo uma atividade de fixação composta por proposições certas ou erradas, sendo necessário justificar as erradas. O gráfico da figura 27 mostra os resultados dos desempenhos dos alunos. Analisando o mesmo, observamos bons índices de assertividade dos itens, os menores percentuais de acertos foram nos itens 1.3 e 1.4, respectivamente, 68 e 66%, eles abordam, nessa ordem, a respeito das principais técnicas de diagnóstico por imagem na Ressonância Magnética e sobre os princípios físicos no funcionamento da Ressonância Magnética. O item 1.5 obteve o maior número de acertos, 94%, ele trata do Hidrogênio como o átomo mais importante no exame de Ressonância Magnética Nuclear. Participaram da atividade 73 alunos, correspondente a 95% dos alunos da pesquisa.

Figura 27: Gráfico de desempenho dos alunos atividade de fixação 04.



Fonte: Autoria própria.

Na aula oito, os alunos apresentaram seus folhetos, de maneira geral, bem organizados na estruturação dos textos e ilustrações, abordando definições e características do Raio X, o uso do Raio X como ferramenta de exame médico, indicação e contraindicação, os efeitos adversos da Radioterapia, as relações entre Raio X e a Radioterapia, aspectos da Ressonância Magnética Nuclear (o que ela é, para que serve e como é feito o exame), dentre outros assuntos correlacionados à temática em estudo.

As explicações foram descritivas, com poucos questionamentos ou colocações dos demais alunos. Apenas 58 alunos participaram da produção dos folhetos, ou seja, 75% dos alunos das turmas, essa baixa participação deve-se, provavelmente, ao fato da atividade ser extra sala de aula, mesmo sendo orientada para ser feita em quartetos, aconteceram também produções em trios, duplas e individualmente. A atividade foi de relevante importância para o processo de coletar, selecionar, organizar e socializar informações, possivelmente, melhorando os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais dos alunos, ou seja, suas competências, habilidades e atitudes.

Nas análises dos resultados das aplicações dos instrumentos avaliativos da sequência didática, percebemos bons valores de acertos das atividades de fixação, assim como, importantes aspectos positivos referentes às participações, produtividades e assertividades dos alunos nas demais ações pedagógicas desenvolvidas, indicando possíveis avanços dos conhecimentos dos estudantes a respeito de Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina. Em virtude dessas circunstâncias, descreveremos na tabela 09 comparações entre as características dos conhecimentos apresentados pelos alunos na etapa problematização inicial, aula 1/ produção de texto, tal como, as respostas produzidas durante as etapas, organização e aplicação do conhecimento, aulas de 2 a 8.

**Tabela 09: Quadro comparativo das características das respostas dos alunos entre as etapas problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.**

<b>Características dos conhecimentos dos alunos apresentados na etapa problematização inicial.</b>	<b>Características dos conhecimentos dos alunos apresentados nas respostas das etapas organização e aplicação do conhecimento.</b>
Citam prótons, elétrons e nêutrons,	Conhecem uma diversidade maior de partículas e de seus comportamentos e características.

<p>Citam decaimento radioativo, rádio nuclídeos, fissão e fusão nuclear, radiação gama, sem detalhar os processos.</p>	<p>Demonstram melhores entendimentos sobre esses fenômenos radioativos.</p>
<p>Colocam a Física Atômica com menos influência medicinal que a Física Nuclear.</p>	<p>Diferenciam melhor física atômica da física nuclear, percebendo a importância das duas para avanços científicos, sociais e medicinais.</p>
<p>Confirmam que Física Atômica e Nuclear estão presentes na medicina para diagnósticos ou tratamento de doenças.</p>	<p>Reafirmam e demonstram melhores entendimentos dessa realidade, principalmente sobre o uso do raio x e da Ressonância Magnética Nuclear.</p>
<p>Citam efeitos colaterais em virtude de tratamentos de câncer com radiação.</p>	<p>Detalham melhor os efeitos colaterais e seus impactos na saúde.</p>
<p>Fazem bastante associação de Física Atômica e Nuclear com bomba atômica, sem explicar os processos.</p>	<p>Percebem melhor outras importâncias do uso da Física Atômica e Nuclear, principalmente, na medicina.</p>
<p>Apontam o uso de radioatividade na medicina, mas não esclarecem bem os processos, mesmo citando feixes de isótopos radioativos para tratamento de câncer.</p>	<p>Demonstram melhores argumentos do uso da radioatividade na medicina, inclusive, sobre os processos do uso do raio X e da Ressonância Magnética Nuclear.</p>
<p>Exemplificam o uso do raio X e da Ressonância Magnética como importantes na medicina preventiva e curativa.</p>	<p>Entendem a importância do uso do raio X e da Ressonância Magnética na medicina e exemplificam melhor a respeito.</p>

Confundem quimioterapia com radioterapia, afirmando ambas serem tratamentos com radiação.	Compreendem melhor os fenômenos radioativos, possibilitando diferenciá-los de alguns outros.
---	--

Fonte: Autoria própria.

## Capítulo 6.

### 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Este trabalho utilizou-se de uma sequência didática de ensino e aprendizagem a respeito de Física Atômica e Nuclear aplicada ao contexto da medicina na perspectiva da Aprendizagem Significativa e com colaboração de estudos da Neurociência cognitiva de como o cérebro aprende.

O desenvolvimento do currículo da temática em estudo, organizado em sequência didática, possibilitou a contextualização, diversidade dos recursos didáticos, dinamismo das estratégias pedagógicas, na qual, a partir das experiências dos alunos, subsunções, apresentados nos momentos de diagnósticos, foram trabalhados conceitos, procedimentos e atitudes com o propósito de produzir assimilação de novos conhecimentos à estrutura cognitiva dos educandos. A Sequência Didática mostrou-se com possível potencial para atingir os objetivos propostos inicialmente, colaborando efetivamente no processo de ensino e aprendizagem.

A análise dos resultados das estratégias de ensino, instrumentos avaliativos e recursos didáticos, proposta de redação, slides, texto, vídeos, mapa conceitual, experimento, simulação, produção de folheto revelaram indícios de uma aprendizagem que corrobora com a psicologia educacional de David Paul Ausubel, dos quais podemos citar:

- I) Trabalho pedagógico relacionando à sequência de ensino aos conceitos físicos de Física Atômica e Nuclear aplicada ao contexto da medicina, ancorado (subsunção) ao conhecimento preexistente na estrutura cognitiva dos estudantes;
- II) Interação entre estudantes capazes de compartilhar conhecimentos, inclusive, pesquisar, selecionar, organizar e socializar informações, sendo o professor mediador do aprendizado;
- III) A experimentação, simulação, produção textual e contextualização como parte integrante do processo ensino e aprendizagem de Física, oportunizando ao aluno expressar suas concepções dos fenômenos de forma direta, experimental, ou de forma indireta, através de registros escritos;
- IV) Manifestação de aprendizagem afetiva positiva demonstrada pelo prazer, alegria e satisfação dos alunos na maioria das vivências em sala de aula;

V) Possibilidade de aperfeiçoar os conceitos de Física Atômica e Nuclear, assimilando o conhecimento de forma contextualizada, com base nos pilares: aprender a fazer e aprender conviver bem socialmente;

VI) Utilização de recursos e estratégias de ensino com capacidade de contribuir para transformar os conhecimentos científicos em significado.

Podemos considerar a aplicação da sequência didática uma prática exitosa, contudo, existem alguns aspectos que certamente poderiam melhorar seus resultados, podemos citar: realização da simulação com os alunos em laboratório de informática, ampliação da quantidade de aulas seguindo a mesma sequência, a produção dos folhetos pelos alunos no ambiente escolar com monitoramento do professor, pois, facilitaria a compreensão do processo de construção e melhoraria a avaliação.

Julgamos o produto educacional, sequência didática, possível propulsor dos avanços de aprendizagens para os indivíduos envolvidos na sua aplicação, sendo, um recurso de provável potencial contributivo para o ensino de Física Atômica e Nuclear no ensino médio, podendo ser utilizada por outros professores, de acordo com sua realidade, por completo ou em parte, nesse caso, por exemplo: 1. A evolução do modelo atômico, 2. Constituição do átomo e características de suas partículas, 3. Radioatividade: raio X e radioterapia e 4. Ressonância Magnética Nuclear.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTIN, A. D. Física moderna e contemporânea: com a palavra professores do ensino médio. Curitiba, 112 p., 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. Psicologia educacional. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AVANCINI, S. S; MARINELLI, J. R. Tópicos de física nuclear e partículas elementares. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2009.103p. ISBN 978-85-99379-58-5.

BARON, M. P. et al. Teoria da Aprendizagem Significativa, Segundo Ausubel, Rev. Pec. Curitiba V2, N1P37-42, julho 2001-julho 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: Introdução aos Parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais mais. Brasília: MEC/SEF, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei de Diretrizes e Bases da Educação 9.394/96. Brasília. MEC. 1996.

CARVALHO, J. C. Q.; COUTO, S. G.; BOSSOLAN, N. R. S. Algumas concepções de alunos do ensino médio a respeito das proteínas. Ciência & Educação, v.18, n.4, 2011.

CHUNG, K.C. Introdução à Física Nuclear. Rio de Janeiro: Ed. Uerj, 2001.

COCH, D.; ANSARI, D. Pensar em mecanismos é crucial para conectar neurociência e educação. Cortex, v. 45, n. 4, p. 546-547, 2009.

DROUET, R. C. R. Distúrbios da aprendizagem. São Paulo: Ática, 2006.

GUERRA, L. B. O diálogo entre a neurociência e a educação: da euforia aos desafios e possibilidades: Revista Interlocação, v. 4, n. 4, p. 3 – 12, 2011.

KANDEL, E.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. Princípios da Neurociência. 4ª ed. São Paulo: Manole, 2003.

KATO, D. S. O significado pedagógico da contextualização para o ensino de ciências: análise dos documentos curriculares oficiais e de professores. 2007. 119f. Dissertação (mestrado – Programa de pós – graduação em Educação, área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

KOLB, B; WHISHAW, I.Q. Neurociência do Comportamento. São Paulo: Manole, 2002.

- MENEZES, D. P. Introdução à Física Nuclear e de Partículas Elementares. Florianópolis: EDUFSC, 2002.
- MOREIRA, M. A; MASINI, E. F. S. Aprendizagem significativa. A teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.
- Moreira, M. A; BUCHWEITZ B. Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 1993.
- MOREIRA, M. A. Ensino e Aprendizagem: Enfoques Teóricos, Ed. Moraes, São Paulo, p. 1-35. Edição Revisada, 1999.
- MOREIRA, M. A. (2006). A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora da UnB.
- NAVAS, A. L. et al. Guia prático da Neuroeducação: Neuropsicopedagogia, Neuropsicologia e Neurociência; org. Waldir, P. Rio de Janeiro: wak Editora, 2017.
- NOVAK, J. D. Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. New York: Routledge, 2010.
- PAIS, L. C. Transposição Didática; MACHADO, S. D. A. Educação Matemática: uma introdução. 2 ed. São Paulo: EDUC, 2002. p. 13-42.
- PANIAGUA, A.; VILLAGRÁ, J. A. M. Modelo de estrutura cognoscitiva desde el punto de vista de la Teoría Reformulada de la Asimilación. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v.7, n.1, p.107-130, 2008.
- PERRENOUD, P. Práticas pedagógicas, profissão docente e formação. Perspectivas sociológicas. Lisboa: Dom Quixote, 1993.
- PINTO, A. C.; ZANETIC, J. A Física Quântica no/do Ensino Médio; Monografia de Fim de Curso, Instituto de Física, USP, São Paulo, 1997.
- SACRISTÁN, J. G. O currículo: uma reflexão sobre a prática. Tradução Ernani F. da F. Rosa, 3. ed., Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- SOUZA, S. E. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. In: I Encontro de Pesquisa em Educação, IV Jornada de Prática de Ensino, XIII Semana de Pedagogia da UEM: “Infância e Práticas Educativas”. Arq Mudi, 2007.
- STENHOUSE, L. La investigación como base de la enseñanza. 3ed . Madrid: Ediciones Morata S.L, 1999.
- VEIGA NETO, ALFREDO. De Geometrias, Currículo e Diferenças IN: Educação e Sociedade, Dossiê Diferenças-2002.

VEIGA, I. P. A. Técnicas de ensino: novos tempos, novas configurações. Papyrus Editora, São Paulo, 2006.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZULL, J. E. The Art of Changing the Brain: Enriching the Practice of Teaching by Exploring the Biology of Learning. Sterling, Virginia: Stylus Publishing, 2002.

## **Apêndice A: Produto Educacional**

### **SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA ATÔMICA E NUCLEAR APLICADA NO CONTEXTO DA MEDICINA.**



**MNPEI**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FISICA/POLO 36-  
UFAL-AL

**PRODUTO EDUCACIONAL**  
**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA ATÔMICA E**  
**NUCLEAR APLICADA NO CONTEXTO DA MEDICINA.**

FRANCK RENALDO SANTOS.

Este Produto Educacional compõe o trabalho de Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Valentim dos Santos.

Maceió -AL.  
Fevereiro/2020.

## SUMÁRIO.

<b>1. APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.</b> .....	<b>112</b>
<b>2. FICHA TÉCNICA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.</b> .....	<b>113</b>
<b>3. ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	<b>114</b>
<b>4. PLANOS DE AULA</b> .....	<b>116</b>
<b>4.1. Aula 01. Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina</b> .....	<b>116</b>
<b>4.1.1. Textos motivadores para produção textual</b> .....	<b>117</b>
<b>4.1.2. Modelo da folha para produção textual</b> .....	<b>119</b>
<b>4.2. Aula 02. A Evolução do Modelo Atômico</b> .....	<b>120</b>
<b>4.2.1. Slides: A Evolução do Modelo Atômico.</b> .....	<b>121</b>
<b>4.2.2. Atividade de fixação: A Evolução do Modelo Atômico.</b> .....	<b>123</b>
<b>4.3. Aula 03. Constituição do átomo e características das suas partículas</b> .....	<b>124</b>
<b>4.3.1. Descrição do vídeo: O Átomo</b> .....	<b>125</b>
<b>4.3.2. Mapa conceitual: Constituição do átomo e características das suas partículas</b> .....	<b>126</b>
<b>4.3.3. Atividade de fixação: Constituição do átomo e características das suas partículas</b> .....	<b>127</b>
<b>4.4. Aula 04. Radiação: partículas alfa, partícula beta, raios gama e raio x</b> .....	<b>128</b>
<b>4.4.1. Slides: Radiação: partículas alfa, partícula beta, raios gama e raio x</b> .....	<b>129</b>
<b>4.4.2. Atividades de fixação: Radiação: partículas alfa, partícula beta, raios gama e raio x</b> .....	<b>131</b>
<b>4.5. Aula 05. Radioatividade: raio x e radioterapia.</b> .....	<b>132</b>
<b>4.5.1. Texto: Radioatividade: raio x e radioterapia.</b> .....	<b>133</b>
<b>4.5.2. Atividade de reflexão: Radioatividade: raio x e radioterapia</b> .....	<b>134</b>
<b>4.6. Aula 06. Ressonância Magnética Nuclear</b> .....	<b>136</b>
<b>4.6.1. Descrição do experimento sobre ressonância.</b> .....	<b>137</b>
<b>4.6.2. Descrição do vídeo Aparelho de ressonância Como Funciona?</b> .....	<b>137</b>

4.6.3. Modelo da folha da atividade de reflexão. ....	138
4.7. Aula 07. Ressonância Magnética Nuclear .....	139
4.7.1. Descrição da simulação Ressonância Magnética. ....	140
4.7.2. Guia Phet o professo realizar a simulação. ....	141
4.7.3. Atividade de fixação: Ressonância Magnética Nuclear.....	142
4.8. Aula 08. Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina.....	143
4.8.1. Orientações para a produção de folheto. ....	143
4.8.2. Link de Acesso a alguns folhetos produzidos pelos alunos .....	143
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	144

## **1- APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.**

Prezado (a) professor (a),

Este roteiro constitui o Produto Educacional da pesquisa efetuada no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Organizamos a sequência de aulas com a finalidade de prestar relevantes contribuições aos professores de Física e produzir aprendizagens úteis aos alunos. A mesma, segundo os parâmetros curriculares nacionais, está voltada ao tema estruturador Física Moderna e Contemporânea: o estudo da matéria e radiação, onde abordamos conceitos de Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina, em mais particular, o raio X, o raio x e a radioterapia e a Ressonância Magnética Nuclear.

Desenvolvemos a sequência didática de modo que os recursos e estratégias pedagógicas consolidassem processos de ensino e aprendizagens capazes de possibilitar importantes avanços educacionais aos indivíduos envolvidos, para tanto, no transcorrer da execução das atividades procuramos explorar, assim como, utilizar os conhecimentos prévios dos estudantes, promovendo os métodos didático e o trabalho coletivo, possibilitando melhor atender às particularidades dos alunos.

Os procedimentos educacionais foram trabalhados, considerando os conteúdos de forma conceitual, procedimental e atitudinal, utilizando elementos da Teoria da Aprendizagem Significa de Paul David Ausubel e fundamentos da neurociência cognitiva de como se constrói a aprendizagem. A avaliação é processual, reflexão transformada em ação, favorecendo a trajetória da construção do conhecimento, efetivando aprendizagens úteis aos estudantes.



## **2- FICHA TÉCNICA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.**

**TEMA ESTRUTURADOR PCNS:** Física Moderna e Contemporânea: O estudo da matéria e radiação.

**TEMÁTICA:** Física Atômica e Nuclear Aplicada no Contexto da Medicina.

**PÚBLICO ALVO:** 3º Ano do Ensino Médio.

**DURAÇÃO:** 08 aulas de 60 minutos.

**OBJETIVO GERAL:** Aprimorar os conhecimentos dos alunos a respeito de Física Moderna e Contemporânea, em particular, Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina.

**ELEMENTOS ESTRUTURADORES:** Teoria da Aprendizagem Significa de Paul David Ausubel e fundamentos gerais da Neurociência Cognitiva de como se constrói a aprendizagem.

**PAPEL DO PROFESSOR:** Instruir e mediar o processo de ensino de modo a consolidar aprendizagens socialmente úteis aos estudantes.

**AVALIAÇÃO:** Processual, voltada ao aperfeiçoamento da prática pedagógica, construída a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, das suas relações interpessoais, das participações e produções em sala de aula, objetivando a formação de pessoas mais autônomas, críticas e conscientes.

### 3- ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.

**Tabela 01: Etapas da Sequência didática.**

<b>Etapas</b>	<b>Nº de Aulas</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Recursos Didático/atividade</b>	<b>Objetivo</b>
1ª Etapa: Problematização Inicial	01	Física Atômica e Nuclear Aplicada no Contexto da Medicina.	Produção textual.	Identificar os conhecimentos dos alunos a respeito de Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina.
2ª Etapa: Organização dos Conhecimentos.	01	A evolução dos Modelos Atômico: da antiguidade a Niels Bohr.	Aparelho de projeção para apresentação de material em Power Point/slides.	Apresentar cronologicamente sobre a evolução dos modelos atômicos.
	01	Constituição do Átomo e Características das Suas Partículas.	Vídeo e mapa conceitual.	Desenvolver os conhecimentos dos alunos e algumas características referentes à Física Atômica e Nuclear.

	01	Radiação: Partículas Alfa, Partícula Beta, Raios Gama e Raios X.	Aparelho de projeção para apresentação de material em Power Point/slides.	Apresentar e discutir a respeito dos fenômenos radioativos ligados às emissões das partículas alfa, partícula beta, raios gama e raios X.
	01	Radioatividade: Raios X e Radioterapia.	Texto (leitura e análise)	Apresentar e discutir sobre as relações que envolvem radiação, Raios X e Radioterapia.
	02	Ressonância Magnética Nuclear.	Vídeo, experimento e simulação virtual.	Aprimorar as aprendizagens dos alunos sobre Ressonância Magnética Nuclear.
3ª Etapa: Aplicação do Conhecimento.	01	Física Atômica e Nuclear aplicada no Contexto da Medicina.	Produção e apresentação de folheto.	Produzir um folheto com informações sobre Raio X e

				Radioterapia e Ressonância Magnética Nuclear.
--	--	--	--	--

Fonte: Autoria própria.

#### 4- PLANOS DE AULA.

##### 4.1 Aula 01 - Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina.

**CONTEÚDO:** Física Atômica e Nuclear Aplicada no Contexto da Medicina

**OBJETIVO:** Identificar os conhecimentos dos alunos a respeito de Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da medicina.

**RECURSO DIDÁTICO:** Proposta de produção textual.

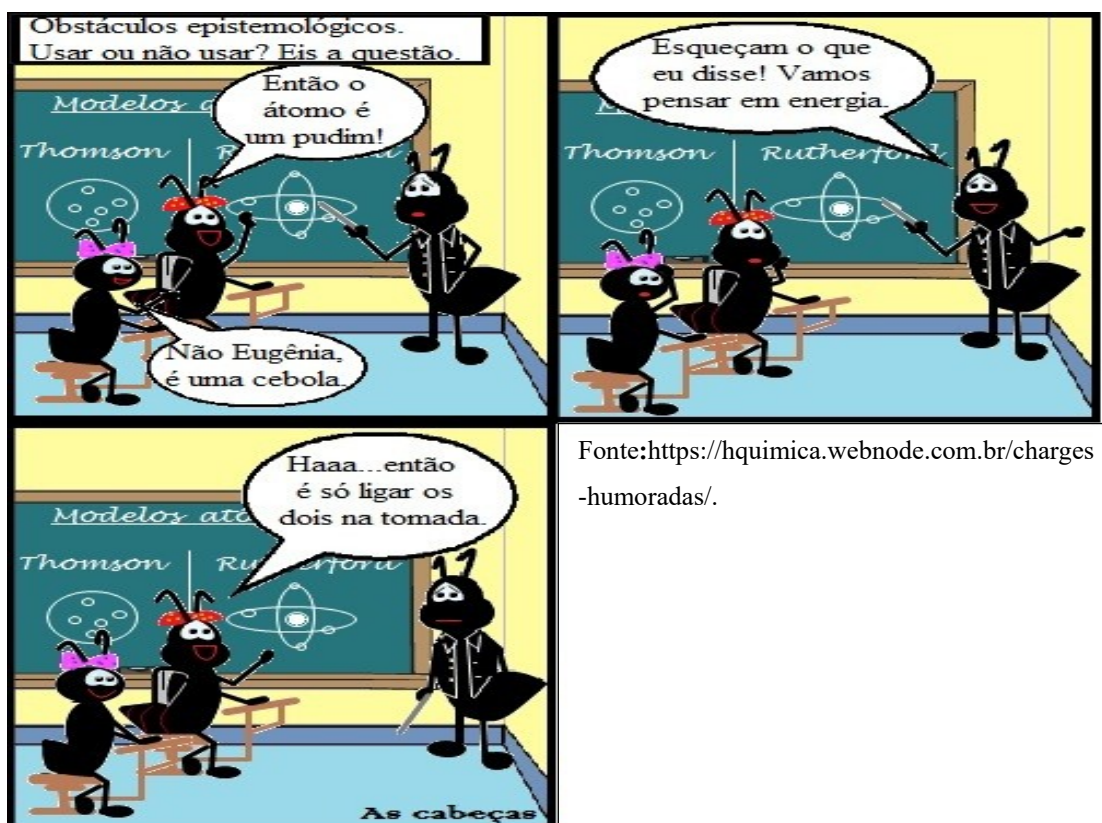
**PROCEDIMENTOS:** Sensibilizar a respeito da execução da sequência didática. Problematicar a respeito do conteúdo, realizando diálogos a partir dos seguintes questionamentos: 1. O que estuda a Física Atômica e Nuclear? 2. Há possibilidade de aplicar Física Atômica e Nuclear na medicina? Se sim, de que forma? 3. O raio X e a Ressonância Magnética são exemplos da aplicação de Física na medicina? Se sim, como acontece? 4. Existe possibilidade de cuidar de câncer com ajuda de estudos ligados à Física Atômica e Nuclear? Se sim, como acontece? Propor a produção de texto a ser realizada individualmente pelos alunos. Dialogar com os alunos a respeito das suas produções.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação da participação dos alunos durante a aula, respostas aos questionamentos iniciais e análise das produções textuais.

#### 4.1.1. Textos motivadores para a produção textual.

A partir da leitura dos seguintes textos motivadores e com base nos conhecimentos construídos ao longo da sua vida, redija um texto sobre Física Atômica e Nuclear aplicada no contexto da Medicina.

##### Texto 1



##### Texto 2:

##### Física e Medicina Nuclear.

Figura 01: Imagem Ilustrativa sobre Física e Medicina Nuclear.



Fonte: <https://i.pinimg.com>

O estudo da Física Nuclear permite compreender como as reações acontecem no núcleo do átomo, produzindo conhecimentos diversos, desde as partículas fundamentais até as imensas

estruturas formativas do universo, sendo seu objetivo principal entender as propriedades básicas dos núcleos e da matéria nuclear. A Física Nuclear está envolvida em várias aplicações, geração de energia nuclear, tecnologia de armas nucleares, Medicina Nuclear, engenharia de materiais, cosmologia e outras.

A Medicina Nuclear é uma especialidade da medicina, na qual se faz uso de técnicas seguras e indolores para compor imagens, identificar afecções e suas características, tipo ou extensão da mesma, inclusive, realizar tratamentos.

Os diagnósticos e tratamentos de doenças podem acontecer, por exemplo, através da utilização de isótopos radioativos ou Ressonância Magnética Nuclear. Essas técnicas são utilizadas para avaliação funcional de órgãos, mapeamento da irrigação sanguínea e investigação de tumores.

A utilização da Ressonância Magnética Nuclear apresenta algumas vantagens: segurança, pois não usa radiação ionizante, sendo um modo não invasivo e não destrutivo, as imagens produzidas são de alta resolução e rapidez na análise, na maioria das vezes sem a necessidade de produtos químicos. Fonte: A autoria própria.



## 4.2. Aula 02 - A evolução do modelo atômico.

**CONTEÚDO:** A Evolução dos Modelos Atômicos: da antiguidade a Niels Bohr.

**OBJETIVO:** Apresentar cronologicamente sobre a evolução dos modelos atômicos, aprimorando os conhecimentos dos alunos sobre estes modelos.

**RECURSOS DIDÁTICOS:** Slides e atividade de fixação.

**PROCEDIMENTOS:** Problematizar, expor e dialogar sobre o aperfeiçoamento dos modelos atômicos, saindo da concepção de uma esfera indestrutível e indivisível para um sistema formado por várias partículas diferentes, a partir dos questionamentos: 1. O que é um átomo? 2. Quais as características de um átomo? 3. O modelo atômico sofreu mudanças ao longo do tempo? Se sim, como aconteceu? Orientar e monitorar a realização da atividade de fixação pelos alunos. Discutir e reorientar as respostas dos alunos da atividade de fixação.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação da participação dos alunos durante a aula, as respostas aos questionamentos iniciais e análise das respostas da atividade de fixação.



## 4.2.1- Slides: A evolução do modelo atômico.

Descrevemos sobre o átomo a partir das ideias dos filósofos gregos, com foco na evolução do modelo atômico de John Dalton a Niels Bohr.

### EEEB. PEDRO JOAQUIM DE JESUS.

**TURMAS:** 3º anos A e B do Ensino Médio, turno matutino, ano letivo de 2018.

A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICO: de John Dalton a Niels Bohr.

**Professor:** Franck Renaldo Santos

Teotônio Vilela-AL, 2018.

### EVOLUÇÃO DO MODELO ATÔMICO

- **Histórico** – Os primeiros a pensar no assunto foram os filósofos gregos chamados de filósofos da natureza. A ideia comum desses filósofos era a de que deveria existir uma matéria básica, a partir da qual todas as outras eram originadas. Dentre eles podemos citar alguns:
- **Tales de Mileto:** Acreditava que a água era a origem de todas as coisas.
- **Anaxímenes:** Acreditava que o ar era a matéria básica de todas as coisas.
- **Heráclito:** Acreditava que o fogo seria o único elemento que constituiria todas as coisas.

### EVOLUÇÃO DO MODELO ATÔMICO.

Os primeiros a excluir esses elementos míticos foram:

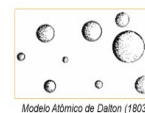
- **Empédocles** – Acreditava na existência de quatro elementos básicos: terra, ar, fogo e água e tudo existente era produto da junção desses quatro elementos em proporções diferentes.
- **Leucipo:** Pregava a ideia de que toda matéria seria constituída por átomos, para ele a menor porção da matéria que não poderia ser dividida em partes menores.
- **Demócrito:** Era discípulo de Leucipo, desenvolveu e aperfeiçoou esta teoria, descrevendo a forma e o comportamento dos átomos de uma maneira bem avançada para a época.

### MODELO ATÔMICO DE JONH DALTON

**Dalton: O modelo da bola de bilhar (1803).**

Átomo, uma minúscula partícula (esfera):

- maciça;
- indestrutível;
- impenetrável;
- indivisível;
- sem cargas elétricas.



Modelo Atômico de Dalton (1803)



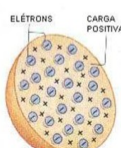
John Dalton  
Químico Inglês

### MODELO ATÔMICO DE THOMSON (1903)

Com a descoberta dos prótons e elétrons, **Thomson** propôs um modelo de átomo na forma de esfera maciça, na qual os elétrons e os prótons, estariam uniformemente distribuídos, garantindo o equilíbrio elétrico entre as cargas positivas dos prótons e negativa dos elétrons, tornando-o neutro.



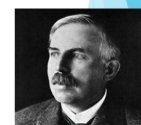
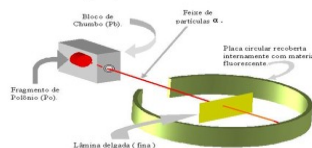
Conhecido modelo do pudim com passas.



Joseph Thomson.

### MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD (1911)

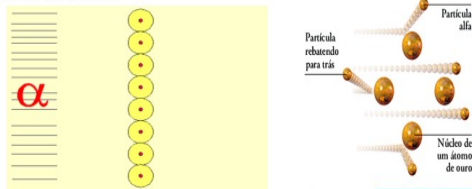
Rutherford bombardeou uma fina lâmina de ouro (0,0001 mm) com partículas "alfa" (núcleo de átomo de hélio: 2 prótons e 2 nêutrons), emitidas pelo "polônio" (Po), contido num bloco de chumbo (Pb), provido de uma abertura estreita, para dar passagem às partículas "alfa" por ele emitidas. Envolvendo a lâmina de ouro (Au), foi colocada uma tela protetora revestida de sulfeto de zinco (ZnS).



Ernest Rutherford.

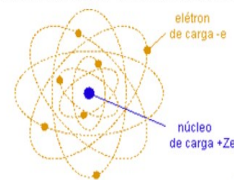
## MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD (1911) <sup>7</sup>

Observando as cintilações na tela de ZnS, Rutherford verificou que muitas partículas "alfa" atravessavam a lâmina de ouro, sem sofrerem desvio, e poucas partículas "alfa" sofriam desvio. Como as partículas "alfa" têm carga elétrica positiva, o desvio seria provocado por um choque com outra carga positiva, isto é, com o núcleo do átomo, constituído por prótons.



## O MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD. <sup>8</sup>

- O átomo contém imensos espaços vazios;
- No centro do átomo existe um núcleo muito pequeno e denso;
- O núcleo do átomo tem carga positiva, uma vez que as partículas alfa (positivas) foram repelidas;
- Para equilibrar as cargas positivas existem os elétrons ao redor do núcleo;
- O raio do átomo é cerca de 10.000 vezes maior do que o raio do núcleo.



## O MODELO DE NIELS BOHR: MODELO QUÂNTICO PARA O ÁTOMO <sup>09</sup>

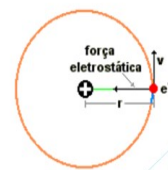
- Baseando-se na teoria dos quanta de Max Planck e na explicação de Einstein para o efeito fotoelétrico, que consideravam que a energia se propaga na forma de pacotes (quanta).
- Bohr postulou que os elétrons estão confinados em certos níveis estáveis de energia → estados estacionários de energia.



Niels Bohr.

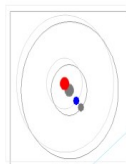
## OS POSTULADOS DE NIELS BOHR (1885-1962). <sup>10</sup>

**1º Postulado:** Os elétrons descrevem órbitas circulares estacionárias ao redor do núcleo, sem emitirem nem absorverem energia.



## OS POSTULADOS DE NIELS BOHR (1885-1962). <sup>11</sup>

**2º postulado:** Fornecendo energia (elétrica, térmica, ...) a um átomo, um ou mais elétrons a absorvem e saltam para níveis mais afastados do núcleo. Ao voltarem a suas órbitas originais, devolvem a energia recebida em forma de luz.



## OS POSTULADOS DE NIELS BOHR (1885-1962). <sup>12</sup>

Segundo postulado de Bohr.

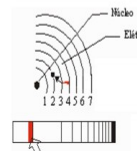
Um átomo **irradia energia** quando um elétron **salta de uma órbita de maior energia para uma de menor energia.**

Órbitas de Bohr para o átomo de hidrogênio



Órbita	Distância do núcleo
1	0,529 Å
2	2,116 Å
3	4,761 Å
4	8,464 Å
5	13,225 Å

O comprimento de onda guarda relação com a energia. Os menores comprimentos de onda de luz significam vibrações mais rápidas e maior energia.



A linha **vermelha** no espectro atômico é causada por elétrons saltando da **terceira** órbita para a **segunda** órbita.

#### 4.2.2. Atividade de fixação: a evolução do modelo atômico.

1. Estudamos a evolução do modelo atômico como fruto do interesse de se explicar a constituição da matéria, tendo sido aprimorado ao longo do desenvolvimento da ciência, desde as ideias dos filósofos gregos, passando pelos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, até o modelo atual. As proposições a seguir são sobre os modelos atômicos. Julgue se estão corretas (C) ou erradas (E), se errada, justifique sua resposta.

1.1. ( ) Um professor de Ciências da Natureza fez as seguintes afirmações sobre os modelos atômicos: Dalton: átomos maciços e indivisíveis. Thomson: elétron, de carga negativa, incrustado em uma esfera de carga positiva, está distribuída, homoganeamente, por toda a esfera.

1.2. ( ) O modelo de Thomson surgiu a partir de evidências experimentais com tubo de raios catódicos e considera o átomo constituído por elétrons ocupando diferentes níveis de energia.

1.3. ( ) O modelo de Rutherford propõe o átomo composto por um núcleo muito pequeno, de carga elétrica positiva, equilibrado por elétrons, de carga elétrica negativa, girando ao redor do núcleo, numa região periférica denominada eletrosfera.

1.4. ( ) O modelo atômico de Rutherford foi elaborado a partir de experimentos onde uma fina lâmina de ouro era bombardeada com partículas  $\alpha$  (alfa).

1.5. ( ) O experimento conduzido por Rutherford permitiu concluir que as partículas positivas e negativas constituintes dos átomos possuem cargas elétricas de mesma intensidade, e também, têm iguais quantidade de massa.

1.6. ( ) Os modelos atômicos foram desenvolvidos em teorias fundamentadas na experimentação por diferentes cientistas, em 2013, a teoria do modelo atômico de Niels Bohr completou 100 anos. Essa teoria descreve o átomo como um núcleo pequeno, carregado positivamente, cercado por elétrons em órbitas quantizadas.

1.7. ( ) No modelo de Rutherford, o átomo era constituído de um núcleo carregado positivamente e uma eletrosfera. O modelo seguinte foi o de Bohr, esse, introduziu a ideia dos elétrons ocupando orbitais com energias definidas, este modelo se assemelha ao modelo do sistema solar.

1.8. ( ) No Modelo de Bohr, os elétrons giram em torno do núcleo de forma circular e com diferentes níveis de energia, chamados por Bohr de orbital atômico, onde, os elétrons apresentariam energias constantes, podendo saltar para orbitais de mais alta energia, retornando

ao seu estado fundamental, após a devolução da energia recebida, emitindo um fóton de luz equivalente.

### **4.3. Aula 03 - Constituição do átomo e características das suas partículas.**

**CONTEÚDO:** Constituição do átomo e características das suas partículas.

**OBJETIVO:** Apresentar e discutir a respeito dos fenômenos radioativos ligadas às emissões das partículas alfa, partícula beta, raios gama e raios X.

**RECURSOS DIDÁTICOS:** Vídeo, mapa conceitual e atividade de fixação.

**PROCEDIMENTOS:** Para as discussões iniciais utilizamos os questionamentos: 1. Quais os aspectos do modelo atômico de Rutherford? 2. Cite diferenças entre o modelo de Rutherford e o de Bohr? 3. No átomo existem outras partículas além de prótons, elétrons e nêutrons? Se sim, quais? Utilizar as informações do vídeo e mapa conceitual para expor e dialogar sobre a formação e constituição dos átomos, características e comportamentos das suas partículas. Orientar, monitorar a realização da atividade de fixação pelos alunos. Discutir as respostas dos alunos da atividade de fixação.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação da participação dos alunos durante a aula, respostas aos questionamentos iniciais e análise das respostas da atividade de fixação.

#### 4.3.1. Descrição do Vídeo: O Átomo.

**Título do vídeo:** O Átomo.

**Duração do vídeo:** 10:10 min.

**Conteúdo do vídeo:** Expõe sobre o átomo como constituinte físico de toda matéria conhecida, abordando os avanços dos modelos atômico, a estrutura (eletrosfera e núcleo) e características das partículas: elétrons, prótons, nêutrons, quarks, glúon e fóton.

**Link de acesso ao vídeo:** <https://www.youtube.com/watch?v=TKEOWch5kXE>

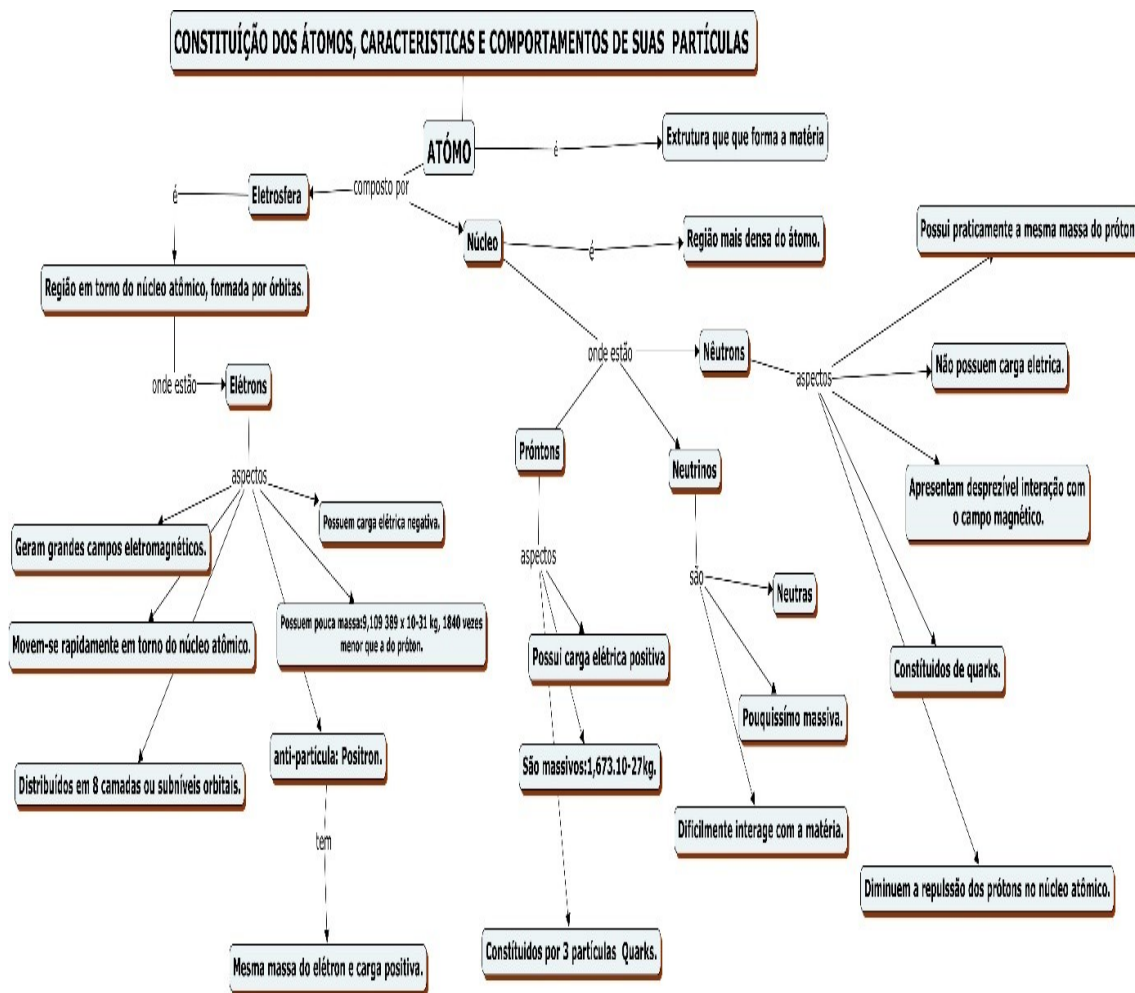
Figura 02: Imagem do vídeo em exibição.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=TKEOWch5kXE>

**4.3.2. Mapa conceitual:** Constituição dos átomos, características e comportamentos de suas partículas.

Figura 03: Mapa conceitual.



EEEB. PEDRO JOAQUIM DE JESUS  
 DISCIPLINA: FÍSICA.  
 PROFESSOR: FRANCK RENALDO SANTOS.  
 SÉRIE: 3º ANO DO ENSINO MÉDIO

Fonte: Autoria Própria.

### 4.3.3. Atividade de fixação: constituição do átomo e características das suas partículas.

1. O átomo é a menor partícula identificadora de um elemento químico, sendo o principal constituinte da matéria conhecida. Ele possui duas partes, a eletrosfera, por onde circulam os elétrons, e o núcleo, bastante massivo, constituído por prótons e nêutrons, ocupante de um volume muito pequeno em relação ao volume total do átomo, pois, seu diâmetro é aproximadamente 10 mil vezes menor comparado ao diâmetro do próprio átomo. Sobre o átomo e suas partículas analise as afirmações abaixo, como certas (C) ou erradas (E), se erradas, justifique sua resposta.

1.1. ( ) O átomo possui seu centro muito pequeno e denso, cercado por elétrons localizados em orbitais, sendo possível um elétron passar do estado A para o estado B, recebendo X unidades de energia, quando voltar do estado B para o estado A devolverá X unidades de energia na forma de ondas eletromagnéticas.

1.2. ( ) O átomo é constituído de cargas positivas e negativas, respectivamente, elétrons e prótons.

1.3. ( ) Os elétrons apresentam, simultaneamente, caráter corpuscular e de onda.

1.4. ( ) Os elétrons possuem carga negativa, apresentam pouca massa, geram grandes campos eletromagnéticos e movem-se rapidamente em torno do núcleo atômico, estando distribuídos na eletrosfera em oito camadas ou subníveis orbitais.

1.5. ( ) O elétron tem como anti-partícula o pósitron, esse, possui a mesma quantidade de massa do elétron e carga positiva.

1.6. ( ) O núcleo é a região mais densa do átomo, onde se encontra apenas os prótons e nêutrons.

1.7. ( ) Os prótons possuem carga elétrica positiva, possuem massa cerca de 1840 vezes maior comparada a dos elétrons e são constituídos por duas partículas quarks.

1.8. ( ) Os nêutrons apresentam, praticamente, a mesma massa do próton e desprezível interação com o campo magnético.

1.9. ( ) Os nêutrons são formados por quarks, não possuem carga elétrica e contribuem para o aumento da repulsão dos prótons no núcleo atômico.

1.10. ( ) Os neutrinos são uma das partículas que encontramos no núcleo do átomo, as mesmas são neutras, pouquíssima massiva e de baixa interação com a matéria.

#### 4.4. Aula 04 - Radiação: partículas alfa, partícula beta, raios gama e raio X.

**CONTEÚDO:** Radiação: partículas alfa e beta, raios gama e X.

**OBJETIVO:** Apresentar e discutir a respeito dos fenômenos radioativos ligadas às emissões das partículas alfa, partícula beta, raios gama e raio X.

**RECURSOS DIDÁTICOS:** Slides e atividade de fixação.

**PROCEDIMENTOS:** Expor e dialogar, com auxílio dos slides sobre radiação, definindo e caracterizando radioatividade, radiação ionizante e não ionizante, reações nucleares: fissão e fusão, radiações de partículas alfa e beta, raio gama e raio X, utilizando os questionamentos: 1. Quais os fenômenos radioativos, tipos ou forma de radiações vocês conhecem? 2. As partículas são capazes de emitir radiação? Se sim, quais partículas? 3. O raio X é um tipo de radiação? Se sim, por quê? Orientar e monitorar a realização da atividade de fixação pelos alunos. Discutir as respostas dos alunos da atividade de fixação

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação da participação dos alunos durante a aula, respostas aos questionamentos iniciais e análise das respostas da atividade de fixação.



#### 4.4.1: Slides - Radiações: partículas alfa e beta, raios gama e X.

Descrevemos o fenômeno da radioatividade, radiações ionizantes e não ionizantes, fissão e fusão nuclear, partículas alfa e beta, raios gama e X.

**EEEB. PEDRO JOAQUIM DE JESUS**

**RADIAÇÕES: Partículas alfa e beta, raios gama e X.**

**TURMAS:** 3º anos A e B do Ensino Médio, turno matutino.

**Professor:** Franck Renaldo Santos.

**Teotônio Vilela-AL, outubro de 2018.**

1

**RADIOTIVIDADE**

**Radioatividade:** É a capacidade que certos átomos possuem de emitir radiações eletromagnéticas ou partículas de seus núcleos instáveis até que adquiram estabilidade.

As radiações podem ser classificadas como: **Ionizantes e Não Ionizantes.**

2

**RADIAÇÕES**

**Radiação Ionizantes:** Transporta energia para produzir radiação, ou seja, o fenômeno onde o elétron é arrancado do átomo, causando ionização de átomos e moléculas, o que não acontece no caso da radiação não ionizante.

**Radiações ionizantes diretas** (tem carga elétrica): Partículas Alfa e Beta.


**Radiações ionizantes indiretas** ( não tem carga elétrica): Raios Gama e X.

3

**REAÇÕES NUCLEARES**

**Reação nuclear:** é o processo natural de eliminação de partículas para se alcançar um núcleo mais estável. **Sendo de Fissão ou Fusão nuclear.**

**Fissão nuclear:** é a fragmentação de um núcleo em partes menores.



**Há liberação de grande quantidade de energia.**

4

**REAÇÕES NUCLEARES**

**Fusão nuclear:** é o processo que ocorre quando núcleos menores se unem formando outros maiores.



**Há liberação de enorme quantidade de energia, mas necessita de temperatura elevadíssima para se iniciar.**

5

**RADIAÇÃO IONIZANTE: Partícula alfa (α).**

No decaimento alfa o núcleo X, emite uma partícula alfa, núcleo de  ${}^4\text{He}$ , dois prótons e dois nêutrons, transformando-se no núcleo Y:

$${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$$

$${}^{238}_{92} \text{U} \rightarrow {}^{234}_{90} \text{Th} + {}^4_2 \text{He}$$

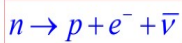
**2 α. 4** Quando um núcleo radioativo emite uma partícula alfa, seu número atômico diminui de 2 unidades e seu número de massa diminui de 4 unidades.

6

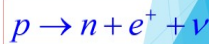
## RADIAÇÃO IONIZANTE: Partícula beta ( $\beta$ )

O decaimento beta ocorre em núcleos que têm excesso, ou falta, de nêutrons para adquirir estabilidade.

No decaimento *beta menos* um dos nêutrons no interior do núcleo emite um elétron e um anti-neutrino, transformando-se em um próton:



No decaimento *beta mais* um dos prótons no interior do núcleo emite um pósitron (anti-elétron) e um neutrino, transformando-se em um nêutron:



$-1\beta^0$  Quando um núcleo emite uma partícula beta, seu número atômico aumenta uma unidade e sua massa fica inalterada.

7

## RADIAÇÃO IONIZANTE: emissões gama( $\gamma$ ).

O que são as emissões gama?

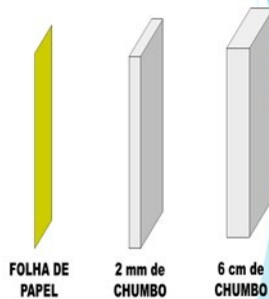
São ondas eletromagnéticas semelhantes a luz: não são desviadas por campos elétrico ou magnético, alto poder de penetração, inclusive, são mais penetrantes que o raio X e as partículas alfa e beta.



8

## PODER DE PENETRAÇÃO DAS EMISSÕES RADIOATIVAS NUCLEARES

$\gamma$  •  
 $\beta$  •  
 $\alpha$  •



FOLHA DE PAPEL      2 mm de CHUMBO      6 cm de CHUMBO

$$\alpha < \beta < \gamma$$

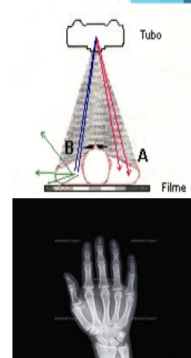
9

## RADIAÇÃO IONIZANTE :Raio X

O que é Raio X?

Raio-X é radiação eletromagnética com comprimento de onda no intervalo de  $10^{-11}$  m a  $10^{-8}$  m (0,1 a 100 Å), resultante da colisão de elétrons produzidos em um cátodo aquecido contra elétrons de ânodo metálico.

Imagem produzida com uso do raio X.

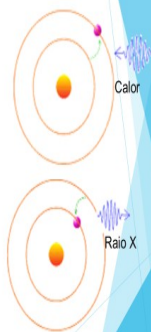


10

## O RAIOS X

atenção!

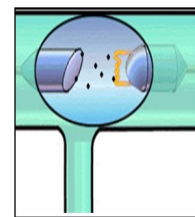
Os raios X, sabemos hoje, não têm origem nuclear. Surgem do "salto quântico" de elétrons para camadas mais externas e, ao retornarem à origem, emitem onda eletromagnética. É um dos postulados de Bohr.



11

## O RAIOS X

Como são produzidos?



O choque do feixe de elétrons (que saem do cátodo com energia de dezenas de KeV) com o ânodo (alvo) produz os chamados raios X.

12

#### 4.4.2. Atividade de fixação: Radiação: partículas alfa e beta, raios gama e X.

1. As radiações são processos físicos de emissão e propagação de energia, podendo ser onda eletromagnética ou corpuscular. A respeito dos fenômenos radioativos, analise as inferências a seguir e julgue como certas (C) ou erradas (E), se erradas, justifique sua resposta.

1.1. ( ) As reações nucleares são processos naturais de eliminação de partículas para se alcançar um núcleo mais estável, podendo ser de fissão ou fusão.

1.2. ( ) Durante a fissão nuclear os núcleos menores se juntam formando outros maiores, liberando enorme quantidade de energia, esse fenômeno ocorre na presença de elevadíssimas temperaturas. Na fusão nuclear o núcleo se fragmenta em partes menores, liberando grande quantidade de energia.

1.3. ( ) As emissões gama e o raio X são ondas eletromagnéticas e seus surgimentos estão ligados ao mesmo fenômeno físico, ou seja, as reações nucleares.

1.4. ( ) O núcleo atômico de alguns elementos é bastante instável e sofre processos radioativos para remover sua instabilidade. Sobre os três tipos de radiação  $\alpha$  (alfa),  $\beta$  (beta) e  $\gamma$  (gama), podemos afirmar: ao emitir radiação  $\alpha$ , um núcleo tem seu número de massa aumentado e ao emitir radiação  $\beta$  e  $\gamma$ , um núcleo tem seu número de massa inalterado.

1.5. ( ) Os raios X são produzidos a partir de choques de feixes elétricos com alta energia, esses saem do catodo e colidem contra elétrons do ânodo.

1.6. ( ) Entre as radiações alfa, beta e gama a que possui maior poder de penetração são os raios gama, mas eles, ainda são menos penetrantes do que o raio X.

1.7. ( ) Os raios X, sabemos hoje, não têm origem nuclear, surgem do “salto quântico” de elétrons para camadas mais externas e, ao retornarem à origem, emitem onda eletromagnética, esse fenômeno refere-se a um dos postulados de Bohr.

1.8. ( ) Os raios X são radiação eletromagnética com comprimento de onda no intervalo de  $10^{-11}\text{m}$  a  $10^{-8}\text{m}$  (0,1 a 100 Å) utilizadas na medicina para exame de imagem e tratamento de câncer.

1.9. ( ) A terapia para tratamento de câncer utiliza-se da radiação para destruir células malignas. O boro-10, não radioativo, é incorporado a um composto para ser absorvido preferencialmente pelos tumores. O paciente é exposto a breves períodos de bombardeamento por nêutrons. Quando bombardeado, o boro-10 decai gerando partículas alfa, cuja radiação destrói as células cancerosas.

1.10. ( ) A exposição aos raios X provoca como efeito biológico a morte celular, pois ao penetrarem no corpo humano permanecem no mesmo, criando um efeito cumulativo, incrementado a cada nova exposição.

#### **4.5. Aula 05: Radiação, raio X e radioterapia.**

**CONTEÚDO:** Radiação, raio X e radioterapia.

**OBJETIVO:** Apresentar e discutir sobre as relações que envolvem radiação, Raio X e Radioterapia.

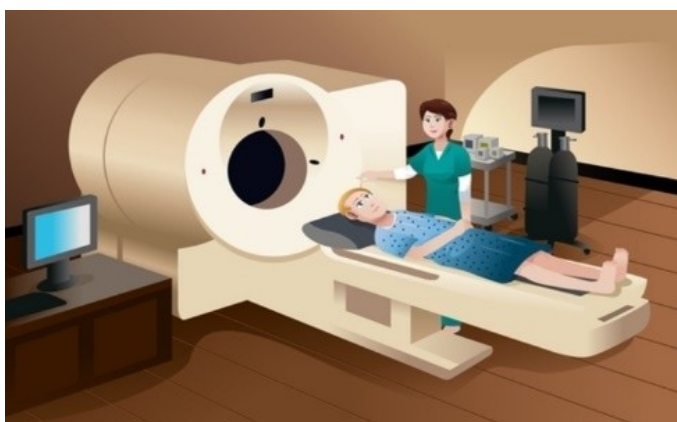
**RECURSOS DIDÁTICOS:** Texto e atividade de reflexão.

**PROCEDIMENTOS:** Realizar uma discussão inicial sobre os questionamentos: 1. O que vocês sabem sobre radioterapia? 2. É possível utilizar o raio X, no processo de radioterapia? Se sim, Como? Ler o texto analisando e dialogando a respeito das relações envolvendo os fenômenos radiação, o raio X e radioterapia. Orientar e monitorar a realização da atividade de reflexão pelos alunos. Discutir as respostas dos alunos das atividades de reflexão.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação da participação dos alunos durante a aula, respostas aos questionamentos iniciais e análise das respostas da atividade de reflexão.

#### 4.5.1. Texto: Radiação, Raio X e Radioterapia.

Figura 04: Ilustração de tratamento radioterápico.



Fonte: <https://www.tuasaude.com/radioterapia/>.

As radiações são processos físicos de emissão e propagação de energia, podendo ser eletromagnética ou corpuscular. Na primeira forma se locomove através de uma onda eletromagnética constituída por um campo elétrico e um campo magnético oscilantes e perpendiculares entre si, na segunda, se propaga através de partículas subatômicas, prótons, elétrons e outras, resultantes de fissão nuclear, como os nêutrons. As radiações podem ser agrupadas em ionizantes, transporta energia suficiente para produzir ionização, ou seja, o fenômeno onde o elétron é arrancado do átomo, e não ionizantes.

As radiações ionizantes podem ser classificadas como diretamente, têm cargas elétrica, partículas alfas (formada por dois prótons e dois nêutrons) e beta (o nêutron, se desintegra em um próton ou um elétron, e este é expulso do núcleo), e indiretamente, são aquelas sem carga elétrica, como os Raios Gama, correspondente à energia excedente emitida por um núcleo instável, após a emissão de partículas alfa ou beta, e os Raios X, resultante da desaceleração de elétrons em alta velocidade quando entram em choque com um “alvo”. Estes, raios gama e X, apesar de gerados de forma distinta, têm a mesma natureza física.

A radioatividade tem larga aplicação em nossa sociedade, inclusive, na medicina, onde se usa isótopos, para diagnósticos, tratamentos e detecção de drogas e hormônios no organismo, e os raios X, utilizados em equipamentos radiológicos para produção de imagem, feitas para examinar partes internas do corpo sem precisar fazer cortes ou perfurações, assim, fraturas podem ser visualizadas com facilidade, tumores, cáries, osteoporose, pneumonia, tuberculose, dentre outras doenças, diagnosticadas. Além disso, objetos alojados no corpo, como balas de armas de fogo ou pedaços de ferro, podem ser localizados. Podendo ainda, ser utilizada em

química de contraste, identificação das estruturas dos vasos sanguíneos e músculos e na radioterapia, em combate ao câncer.

A radioterapia é um tratamento localizado de combate ao câncer utilizando radiação de alta energia para impedir a proliferação de células cancerígenas, existindo três formas de tratamento, utilizadas de acordo com o tipo e tamanho do tumor a ser tratado, são elas: Braquiterapia: a radiação é enviada ao corpo através de aplicadores especiais, como agulhas ou fios, colocados diretamente no local a ser tratado, exemplos: câncer da próstata e útero: Injeção de radioisótopos ou Teleterapia: um líquido radioativo é aplicado diretamente na corrente sanguínea do paciente, sendo normalmente usada em casos de câncer de tireoide, e Radioterapia com Feixe Externo: a radiação é emitida por um aparelho direcionado ao local a ser tratado. Essa é a forma mais utilizada nos tratamentos.

As fontes de energia utilizadas na radioterapia geram radiações ionizantes a partir da energia elétrica, liberando raios X e elétrons, ou por meio de fontes de isótopo radioativo, como, por exemplo, pastilhas de cobalto, as quais geram raios gama. Esses aparelhos são usados como fontes externas, mantendo distâncias da pele de 1 centímetro a 1 metro (Teleterapia). No caso dos raios X a radiação é aplicada de vários ângulos diferentes onde cada dose, pré-calculada, é direcionada em um determinado tempo, a um volume de tecido do tumor, buscando erradicar todas as células tumorais, com o menor dano possível às células saudáveis circunvizinhas, à custa das quais se fará a regeneração da área irradiada.

No uso da radioterapia para combater o câncer, são comuns alguns efeitos colaterais, geralmente, desaparecem ao final do tratamento, variam de acordo com o paciente, a região irradiada do corpo, o tipo e a quantidade da radiação administrada. Podemos citar: fadiga acompanhada de um estado depressivo e perda de apetite, dores de cabeça, náuseas, vômitos, distúrbios sexuais e problemas de fertilidade, queda de cabelo, dentre outros. Fonte: Autoria Própria (Adaptação de outros textos).

### **Referências**

Radiação. Disponível em: [www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab\\_virtual/radiacao.html](http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html). Acesso em 11 de outubro de 2018.

Radioterapia. Disponível em: [www.inca.gov.br/conteudo\\_view.asp?ID=100](http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=100). Acesso em 11 de outubro de 2018.

Radioterapia- O que é e Efeitos Colaterais. Disponível em: [www.tuasaude.com/radioterapia/](http://www.tuasaude.com/radioterapia/). Acesso em 10 de outubro de 2018.

#### **4.52. Atividade de reflexão: Radiação, Raio X e Radioterapia.**

Com base no texto e seus conhecimentos prévios a respeito de radiação, raio X e radioterapia responda as questões a seguir.

1- Conforme o texto, defina que tipo de radiação são os raios X, quais as suas características físicas?

---

---

2. Considerando a radioatividade possuir larga aplicação social, inclusive na medicina, sendo os raios X radiação ionizante indireta, ou seja, não possui carga elétrica, descreva algumas vantagens e desvantagens do uso dos mesmos nos tratamentos medicinais.

---

---

3. A radioterapia é realizada para tratar tumores malignos, incluindo cânceres de cérebro, mama, colo do útero, laringe, pulmão, pâncreas, próstata, pele, coluna, estômago, garganta e pescoço. Ela também, pode ser usada no combate de leucemias e linfomas, existindo três formas de tratamento, essas, utilizadas de acordo com o tipo e tamanho do tumor. Descreva sucintamente sobre essas maneiras de tratamento.

---

---

4. A radiação é, por vezes, o único tipo de tratamento necessário a um paciente, mas alguns tipos de tumores respondem melhor a uma combinação de abordagens, podendo envolver a radioterapia e cirurgia, quimioterapia, terapia hormonal e/ou imunoterapia. Quando a radioterapia é realizada para potencializar a eficácia de um outro tipo de tratamento, é denominado terapia adjuvante. No caso da radioterapia com uso dos raios X descreva seu objetivo e modo de aplicação.

---

---

5. Na radioterapia o número de aplicações necessárias pode variar de acordo com a extensão e a localização do tumor, resultados dos exames e estado de saúde do paciente,

afetando apenas a área do corpo onde o tumor está localizado, mas mesmo assim, há efeitos colaterais do tratamento, descreva a respeito desses efeitos.

---

---

#### **4.6. Aula 06: Ressonância Magnética Nuclear.**

**CONTEÚDO:** Ressonância magnética nuclear.

**OBJETIVO:** Aprimorar as aprendizagens dos alunos sobre Ressonância Magnética Nuclear.

**RECURSOS DIDÁTICO:** Experimento, vídeo e produção de síntese.

**PROCEDIMENTOS:** Expor e dialogar com base nos questionamentos: 1. No experimento vocês percebem a presença de fenômeno ondulatório? Se sim, as ondas formadas são estacionárias? 2. No experimento percebe-se a formação do fenômeno de ressonância? Se sim, explique como? Direcionar as discussões, com auxílio de experimento sobre ressonância e o vídeo a respeito de Ressonância Magnética Nuclear. Orientar a realização da atividade de reflexão pelos alunos. Discutir as sínteses dos alunos da atividade de reflexão.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação da participação dos alunos durante a aula, respostas aos questionamentos iniciais e análise das sínteses produzidas.



#### 4.6.1. Descrição do Experimento sobre ressonância.

**Objetivo:** Criar ondas estacionárias para estudar o fenômeno da ressonância.

**Materiais utilizados:** Uma placa metálica de alumínio quadrada de 40 cm de lado; um alto falante; cloreto de sódio (sal de cozinha); um cabo de áudio; um gerador de tons/ aparelho de celular e um parafuso com porca.

**Procedimentos de montagem:**

1. Perfurar a placa metálica no centro (no ponto de intersecção das duas diagonais);
2. Prender o alto falante a placa utilizando o parafuso e a porca;
3. Conectar o alto falante ao gerador de tons/aparelho de celular por meio do cabo de áudio;
4. Espalhar aleatoriamente o cloreto de sódio sobre a placa metálica;
5. Ligar o aparelho de celular liberando música.

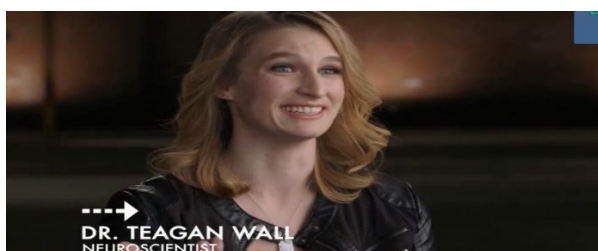
**Propósito de entendimento do experimento:** O aluno deveria entender que ao criar uma frequência harmônica sobre a placa se criou ondas estacionárias ressonantes sobre ela. As ondas estacionárias ressonantes têm um comprimento de onda semelhante ao comprimento de onda da placa, e uma fração inteira de alguma das dimensões da diagonal ou do lado da placa. Com isto, criam-se regiões onde a vibração é mais forte e não há nenhum acúmulo de sal e regiões sem vibrações onde o sal se acumula.

#### 4.6.2. Descrição do Vídeo: Aparelho de Ressonância Magnética como Funciona?

**Duração do vídeo:** 06:30 min.

**Conteúdo do vídeo:** Mostra como funciona um aparelho de Ressonância Magnética considerando relações existentes entre a estrutura do equipamento e o fenômeno da formação da imagem, inclusive, evidenciando os aspectos físicos envolvidos: eletroímã, corrente elétrica, campo magnético, alinhamento dos prótons e entre outros. **Link de acesso ao vídeo:** <https://www.youtube.com/watch?v=Z31i7nHK5gU>

Figura 05: Imagem do vídeo em exibição.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Z31i7nHK5gU>



## 4.7. Aula 07: Ressonância Magnética Nuclear.

**CONTEÚDO:** Ressonância Magnética Nuclear.

**OBJETIVO:** Aprimorar as aprendizagens dos alunos sobre Ressonância Magnética Nuclear.

**RECURSOS DIDÁTICO:** Simulação e atividade de fixação.

**PROCEDIMENTOS:** Expor, dialogar, direcionar as discussões, com auxílio da simulação a respeito dos conceitos físicos presentes na realização da Ressonância Magnética Nuclear, utilizando o questionamento: 1. Se há um tumor, a Imagem por Ressonância Magnética pode confirmar? Orientar e monitorar a realização da atividade de fixação pelos alunos. Discutir as respostas dos alunos das atividades de fixação.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação da participação dos alunos durante a aula e análise das respostas da atividade de fixação.

### 4.7.1. Descrição da Simulação: Ressonância Magnética

**Título da simulação:** Luz e Radiação: Ressonância Magnética-IRM simplificada.

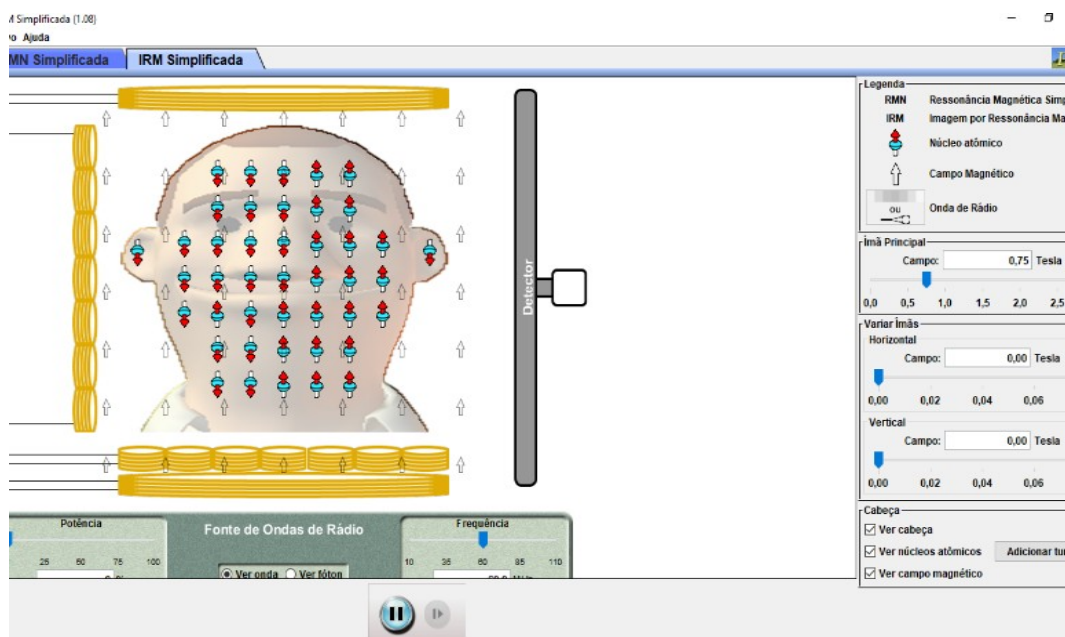
**Simulação:** É um tumor? Imagem por Ressonância Magnética (IRM) pode responder. A cabeça está cheia de pequenos transmissores de rádio (os spins nucleares dos núcleos de hidrogênio nas suas moléculas de água). Em uma unidade de Ressonância Magnética, esses pequenos rádios transmitem suas posições, gerando uma imagem detalhada do interior de sua cabeça.

**Alguns objetivos de aprendizagem da simulação (conforme o simulador Phet):**

1. Reconhecer que a luz pode virar spins se a energia dos fótons corresponder à diferença entre as energias de spin para cima e spin down.
2. Identificar que a diferença entre as energias de spin para cima e spin para baixo é proporcional à força do campo magnético aplicado.
3. Descrever como colocar estas duas ideias (em conjunto para detectar onde há maior densidade de spins).

**Link de acesso:** [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/mri](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/mri)

Figura 06: Imagem da Tela do simulador em funcionamento-IRM Simplificada,



Fonte: simulador Phet. [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/mri](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/mri)

#### 4.7.1.1. Guia Phet para o professor realizar a simulação.

Práticas Phet para professores. Escrito por Sam McKagan, última atualização em 10 de junho de 2010. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/mri](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/mri)

Controles são óbvios: tente todas as diferentes guias na parte superior da simulação. Você pode alterar o átomo da amostra. Cada tipo de núcleo atômico tem um momento magnético diferente e, portanto, uma energia diferente que se divide entre o estado de rotação e rotação para o mesmo campo magnético. Para excitar os núcleos, você deve ativar a fonte de ondas de rádio e ajustar a frequência das ondas de rádio para corresponder à frequência de excitação entre os estados de rotação para baixo e rotação para cima. Essa frequência de excitação depende do campo magnético.

Na segunda guia, você pode excitar os núcleos em uma pequena região ajustando os gradientes horizontal e vertical. Você pode pausar o sim e, em seguida, usar a etapa para analisar incrementalmente. Se você estiver fazendo uma demonstração de palestra, defina a resolução da tela para 1024x768 para que a simulação preencha a tela e seja vista com facilidade.

Notas / simplificações importantes da modelagem: Esta simulação é baseada no modelo de Ressonância Magnética apresentado no livro de Louis Bloomfield, *How Things Work*.<sup>1</sup> Informações sobre o uso / pensamento dos alunos: recomendamos começar com a primeira guia para ajudar os alunos a aprender as ideias básicas de como excitar os núcleos com um campo magnético constante. A segunda guia pode ser esmagadora se for a primeira coisa

que os alunos verão. Em entrevistas, descobrimos que mesmo os estudantes sem formação científica conseguiram descobrir o básico de como uma Ressonância Magnética funciona ao brincar com esta simulação.

Sugestões para o uso de Sim: Para obter dicas sobre o uso de Sims Phet com seus alunos, consulte: Diretrizes para contribuições para consultas e uso de Sims Phet. As simulações foram usadas com êxito em trabalhos de casa, palestras, atividades em sala de aula ou atividades de laboratório. Use-os para introdução de conceitos, aprendendo novos conceitos, reforçando conceitos, como auxílio visual para demonstrações interativas ou com perguntas de cliques em sala de aula.

Para ler mais, consulte ensino de física usando simulações Phet. Para atividades e planos de aula escritos pela equipe Phet e outros professores, consulte: Ideias e atividades do professor Use a Ressonância Magnética como um contexto para ajudar os alunos a entender momentos magnéticos, rotação e divisão de energia entre estados de rotação. Peça aos alunos que calculem qual frequência deve excitar os núcleos para um determinado campo magnético ou vice-versa e use a simulação para verificar seus cálculos. Dê aos alunos uma tabela de momentos magnéticos para átomos diferentes e peça que eles usem a simulação para determinar o átomo da amostra misteriosa (marcado como “???”). Desative mostrar núcleos atômicos, adicione o tumor e peça aos alunos que determinem onde o tumor está, ajustando a frequência para corresponder à divisão de energia e ver onde os fótons são emitidos.

Texto transcrito do site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/mri](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/mri)

#### **4.7.2. Atividade de Fixação: Ressonância Magnética Nuclear.**

1. A Ressonância Magnética Nuclear é uma técnica capaz de permite determinar propriedades de uma substância através do correlacionamento da energia absorvida contra a frequência, na faixa de megahertz do espectro eletromagnético, caracterizando-se como sendo uma espectroscopia. As proposições a seguir são referentes à Ressonância Magnética Nuclear, analise as mesmas e classifique como certas (C) ou erradas (E), se erradas, justifique sua resposta.

1.1. ( ) A Ressonância Magnética Nuclear usa as transições entre níveis de energia rotacionais dos núcleos componentes dos átomos ou íons contidas na amostra. Isso se dá devido a influência de um campo magnético e a concomitante irradiação de ondas de rádio na faixa de megahertz.

12. ( ) A Ressonância Magnética Nuclear (RMN) permite fazer exames bem detalhados de alguns órgãos do corpo humano, mas nem todas as pessoas podem se submeter ao exame, por exemplo, usuários de marcapassos cardíacos se submetem ao exame, já indivíduos com cliques ou molas aneurismática são contra indicados.

13. ( ) Na Ressonância Magnética, uma das principais técnicas de diagnóstico por imagem, utilizam-se fundamentalmente o campo magnético e as ondas de radiofrequência para captação das imagens do paciente, acontecendo devido ao seguinte princípio físico: quando dois corpos entram em ressonância, a principal característica é o aumento da amplitude das suas vibrações.

14. ( ) O funcionamento da Ressonância Magnética pode ser resumido da seguinte maneira: aplicação de pulsos de radiofrequência à amostra, os núcleos absorvam energia por ressonância e rompem o alinhamento com o campo magnético  $B_0$ . Quando o pulso de frequência é subitamente desligado, os núcleos voltam à sua posição normal, se realinham, e nessa circunstância eles emitem um sinal, captado por uma bobina. O sinal é utilizado pelo computador, através de princípios matemáticos é transformado em imagens.

15. ( ) O hidrogênio  $^1\text{H}$  é o átomo mais simples, sendo o mais importante para a Ressonância Magnética Nuclear. Além de sua abundância nos sistemas biológicos, o hidrogênio é altamente magnético e extremamente sensível a Ressonância Magnética Nuclear.

16. ( ) Podemos citar como vantagens do uso da Ressonância Magnética Nuclear: segurança, não usa radiação ionizante, sendo um modo não invasivo e não destrutivo, as imagens produzidas são de alta resolução, pode ser utilizada tanto em sólidos quanto líquidos e a rapidez na análise, quase sempre sem a necessidade de produtos químicos.

17. ( ) Podemos citar como desvantagens do uso da Ressonância Magnética Nuclear: elevado custo, o campo magnético é potencialmente perigoso para grávidas e para pacientes que possuem implantes metálicos em seus organismos e apresenta pouca definição na imagem de tecidos ósseos.

18. ( ) No exame de Ressonância Magnética Nuclear os prótons do corpo do indivíduo se orientam apenas a favor da direção do campo magnético do aparelho.

#### 4.8. Aula 08: Física Atômica e Nuclear aplicada ao contexto da medicina.

**CONTEÚDO:** Física Atômica e Nuclear aplicada ao contexto da medicina.

**OBJETIVO:** Produzir um folheto com informações sobre Raio X e Radioterapia e Ressonância Magnética Nuclear.

**RECURSO DIDÁTICO:** Produção de folheto.

**PROCEDIMENTOS:** Em grupo os alunos, extra sala de aula, pesquisar, discutir, selecionar, organizar informações e produzir um folheto. Os alunos apresentarem seus folhetos em sala de aula. Dialogar a respeito da constituição dos folhetos e apresentações dos alunos.

**INSTRUMENTOS AVALIATIVOS:** Observação das apresentações e participação dos alunos durante a aula e análise dos folhetos produzidos.

##### 4.8.1. Orientações para construção do folheto.

Produzir em grupo de quatro alunos um folheto com informações sobre física atômica e nuclear aplicada no contexto da medicina. Conforme as instruções a seguir:

1. Organizar as informações com título e subtítulos, (esse, se necessário), destacados com fonte no mínimo tamanho 14 e em negrito;
2. Produzir texto curto com linguagem correta, objetiva e criativa, utilizando normas padrão de escrita e fonte Arial ou Times New Roman, preferencialmente, tamanho 12;
3. Organizar o texto em três partes: introdução, desenvolvimento e conclusão;
4. Utilizar imagens/figuras, preferencialmente, intercalada com o texto, elas não podem chamar mais atenção do que as informações escritas;
5. Personalizar as margens da folha: superior e lateral esquerda 3 cm, inferior e lateral direita 2 cm.
6. Estruturar o folheto em até duas laudas/páginas tamanho papel A4;
7. Colocar identificação (nomes e contatos dos produtores do folheto);
8. Referendar as fontes de pesquisa no rodapé (referências);
9. Enviar para o e-mail: ckrs35@yahoo.com.br ou ckrs3535@gmail.com.
10. Apresentar o folheto em sala de aula.

##### 4.8.2. Link de acesso a algumas produções dos alunos:

<https://drive.google.com/drive/folders/18S1cF3zQtc3577IwLhFJYYr1DCK-6902?usp=sharing>

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARON, M. P. et al. Teoria da Aprendizagem Significativa, Segundo Ausubel, Rev. Pec. Curitiba V2, N1P37-42, julho 2001-julho 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: Introdução aos Parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1998.

CHUNG, K.C. Introdução à Física Nuclear. Rio de Janeiro: Ed. Uerj, 2001.

KATO, D. S. O significado pedagógico da contextualização para o ensino de ciências: análise dos documentos curriculares oficiais e de professores. 2007. 119f.

MENEZES, D. P. Introdução à Física Nuclear e de Partículas Elementares. Florianópolis: EDUFSC, 2002.

MOREIRA, M. A; MASINI, E. F. S. Aprendizagem significativa. A teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

PAIS, L. C. Transposição Didática; MACHADO, S. D. A. Educação Matemática: uma introdução. 2 ed. São Paulo: EDUC, 2002. p. 13-42.

PERRENOUD, P. Práticas pedagógicas, profissão docente e formação. Perspectivas sociológicas. Lisboa: Dom Quixote, 1993.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. A Física Quântica no/do Ensino Médio; Monografia de Fim de Curso, Instituto de Física, USP, São Paulo, 1997

VEIGA, I. P. A. Técnicas de ensino: novos tempos, novas configurações. Papirus Editora, São Paulo, 2006.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Radiologia. Disponível em: <http://radiologixx.blogspot.com/2015/12/efeito-anodico.html>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

Física dos raios X. Disponível : [www.tecnologiaradiologica.com/materia\\_fisica\\_rx.htm](http://www.tecnologiaradiologica.com/materia_fisica_rx.htm). Acesso em 10 de outubro de 2018.

Radiação. Disponível: [www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab\\_virtual/radiacao.html](http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html) Acesso em 11 de outubro de 2018.

Radioterapia. Disponível em: [www.inca.gov.br/conteudo\\_view.asp?ID=100](http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=100). Acesso em 11 de outubro de 2018.

Radioterapia- O que é e Efeitos Colaterais. Disponível em: [www.tuasaude.com/radioterapia/](http://www.tuasaude.com/radioterapia/). Acesso em 10 de outubro de 2018.