

FÍSICA MODERNA: O CASO DA RADIAÇÃO

SILVA, Éric Novais¹

RU: 2178517

PADILHA, Eliandro José²

RESUMO

O tempo todo estamos em constante interação com a radiação proveniente desde elementos do cotidiano como um aparelho de micro-ondas até eventos mais extremos como radioterapia. Mesmo assim, sendo um tema tão presente na atualidade, embora a maioria das pessoas já tenham ouvido falar em radiação, um número significativo desconhece o assunto, bem como a diferença entre as radiações ionizantes e não ionizantes. O ensino da Física Moderna no Ensino Médio não vem sendo feito de acordo com o esperado já que não tem acompanhado a realidade dos alunos, entretanto, com os avanços científicos e tecnológicos, estes conteúdos passaram a ter uma importância que talvez antes não existisse. A fim de proporcionar um melhor entendimento do mundo atual, que está completamente ligado à Física Moderna e as Interações Nucleares é que esse artigo surge, objetivando analisar, de forma bibliográfica, o que é radiação e o que seria a radioatividade e como elas coexistem hodiernamente. Tentando mostrar a diferença entre radiação corpuscular e eletromagnética, mostrando cada tipo de reação que ocorre no núcleo de um átomo e diferenciando das reações que ocorrem na eletrosfera.

Palavras-chaves: Radiação. Radiação corpuscular. Radiação eletromagnética.

1. INTRODUÇÃO

As grandes descobertas na área da física realizadas no século XX, considerada como Física Moderna - FM, são abordadas em poucos momentos durante o processo de escolarização básico. Dos conteúdos que fazem parte da FM para a educação básica foi escolhido para se pesquisar e apresentar neste artigo a temática Radiação, pois se percebe que sendo natural ou artificial, sendo benéfica ou maléfica, a radiação está presente em todo o universo e graças aos grandes avanços, e descobertas em torno dela, a humanidade está conquistando espaços e descobrindo coisas que outrora imaginaram que fossem impossíveis.

[...] É viável ensinar FMC³ no EM, tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não têm

¹ Aluno do Centro Universitário Internacional UNINTER. Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Física 2019/02.

² Especialista em Tecnologia da Informação e Comunicação Aplicadas a Educação, Especialista em Alfabetização Matemática, Especialista em Educação do Campo, ambos pela FSB, Licenciado em Matemática pela FAG. Professor Orientador no Centro Universitário Internacional UNINTER.

³ Física Moderna e Contemporânea.

capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos [...] Se houve dificuldades de aprendizagem não foram muito diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos de Física Clássica [...] Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais didáticos estiverem disponíveis (OSTERMANN; MOREIRA, 2000, p. 11).

Nesse trabalho são discutidos os conceitos básicos da Física das radiações, um dos ramos da Física Moderna que faz parte dos conteúdos da educação básica. Por meio da diferenciação entre radiação ionizante e não ionizante, compreendendo também seu poder de penetração em alguns materiais, pode-se, por exemplo, entender o motivo que quando vamos fazer uma radiografia no dentista o mesmo coloca uma placa de chumbo sobre nosso corpo e o motivo pelo qual, durante a emissão de raios-X, numa radiografia de fratura a pessoa se esconde atrás de uma parede de concreto e chumbo.

Com o novo ensino médio, o estudo das radiações ficou em evidência devido à sua relação com tecnologias do cotidiano. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular, uma das habilidades previstas para o ensino médio é: “(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica” (BRASIL, 2018).

Sendo assim, é de extrema importância que os alunos da educação básica consigam classificar as radiações eletromagnéticas, como infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e gama, encontradas no cotidiano individual, na indústria e nos serviços, investigando fontes e tipos de uso em função de sua frequência, energia e comprimento de onda.

2. RADIAÇÃO

A presença da radiação pode ser verificada no ambiente de forma natural, como por exemplo, a radiação solar, raios cósmicos e artificial, como as utilizadas nas indústrias, usinas nucleares, na medicina, bem como de maneira artificial, quando se bombardeiam núcleos de alguns átomos com determinadas partículas subatômicas.

As radiações naturais são responsáveis por aproximadamente 80% de nossa exposição, sendo 10% cósmica e 70% terrestre. Estas radiações são encontradas nos alimentos, na água e nos materiais de construção. A radiação terrestre também vem

do solo enriquecido pelo urânio natural e formas naturais de energia como petróleo e gás. Além da radiação terrestre, também estamos expostos à radiação do espaço que aumenta com a altitude. Quanto mais alto você está acima do nível do mar, maior a exposição à radiação cósmica.

Segundo Ruzzi (2008) a radiação é um processo físico de transferência de energia de uma região do espaço para outra e o seu estudo deve ser capaz de responder por que existe tantas preocupações acerca do tema.

A radiação é, de forma mais geral, uma propagação de energia expressa sobre várias formas e é dividida em dois grupos, é a radiação corpuscular e a eletromagnética.

3. Radiação corpuscular ou particulada

Segundo Ruzzi (2008) a dualidade onda-partícula estabelece que qualquer partícula microscópica tem características ondulatórias em sua propagação, porém, partículas microscópicas podem ser tratadas de maneira análoga à radiação eletromagnética, o que as diferem é a presença de massa.

A radiação particulada é caracterizada por sua carga, massa e velocidade, e, pode ser carregada ou neutra, leve ou pesada, lenta ou rápida (GONÇALVES; FARIAS; GONÇALVES, 2008).

De acordo com Okuno, Caldas & Chow (1982), a radiação corpuscular é constituída de um feixe de partículas elementares, ou núcleos atômicos, como os elétrons, prótons, nêutrons, mésons (π), dêuteron, partículas alfa.

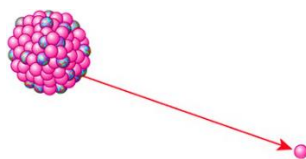


Figura 1 - Núcleo atômico de uma partícula emitida na Radiação Corpuscular.

Fonte: Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/1575621/>.

A Figura 1 refere-se à ideia a uma partícula emitida na radiação corpuscular de um núcleo atômico. Sabemos que o núcleo atômico é constituído por prótons e nêutrons, onde cada próton do núcleo tenta afastar outro próton, devido à repulsão elétrica que há entre eles, mas isso só não acontece porque existe outra força de atração entre os nêutrons e os prótons, a força nuclear forte, equilibrando a repulsão elétrica próton-próton.

A energia cinética K de uma partícula de massa m com velocidade v , quando $v \ll c$, é dada por:

$$K = \frac{1}{2}mv^2,$$

também chamada energia cinética de radiação, sendo c a velocidade da luz no vácuo e vale 3×10^8 m/s (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982).

4. Radiação eletromagnética

A radiação eletromagnética é uma onda transversal promovida pela perturbação do campo elétrico e magnético e que se propaga com uma velocidade constante c no vácuo transportando energia. A luz do sol é o melhor exemplo de radiação eletromagnética.

Okuno, Caldas & Chow (1982) nos trazem outros exemplos de radiação eletromagnética como as ondas de rádio, ondas luminosas (luz), raios infravermelhos, raios ultravioleta, raios-X e raios gama.

As grandezas utilizadas para a caracterização de uma onda eletromagnética são o comprimento de onda λ e a frequência f . Há uma relação entre λ e f para ondas em geral:

$$v = \lambda f,$$

onde v é a velocidade de propagação da onda.

No caso particular de uma onda eletromagnética,

$$\lambda f = c = 3 \times 10^8 \text{m/s}.$$

A radiação eletromagnética é caracterizada por sua frequência, ou comprimento de onda. De modo que são agrupadas mediante sua energia, as energias das ondas eletromagnéticas são diretamente proporcionais à frequência, conforme pode-se observar a Figura 2. Essas ondas descrevem seus espectros eletromagnético relacionando os seus respectivos comprimentos de ondas às suas frequências.

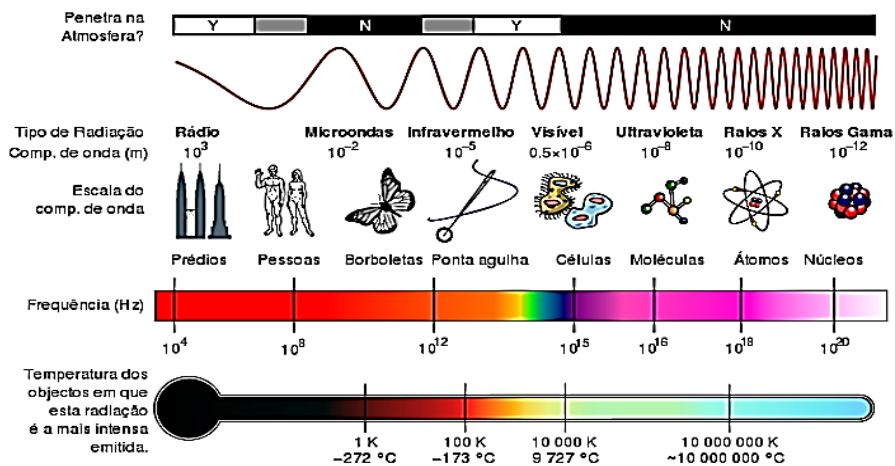


Figura 2 - Espectro eletromagnético.

Fonte: Disponível em: http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Ondas4.php.

A radiação em escala microscópica transfere energia como uma partícula de luz, denominada *fóton*⁴. Pode-se obter o momento linear do fóton utilizando a relação de De Broglie, e sua energia é igual à constante de Planck vezes sua frequência (RUZZI, 2008):

$$E = hf.$$

A energia E também pode ser escrita em função de λ ao substituir f por $\frac{c}{\lambda}$, obtém-se:

$$E = \frac{hc}{\lambda},$$

onde c é a velocidade da luz no vácuo e λ é o comprimento de onda.

5. Radiações ionizantes e não-ionizantes

Dependendo da quantidade de energia, uma radiação pode ser descrita como não ionizante ou ionizante. A Figura 3 faz uma separação entre as radiações ionizantes e não ionizantes e dá alguns exemplos para cada tipo como pode ser observado.

⁴ Conceito utilizado para descrever a luz que dá a devida ênfase a seus aspectos corpusculares (de acordo com a dualidade onda partícula) e, são partículas sem carga e massa de repouso nula.

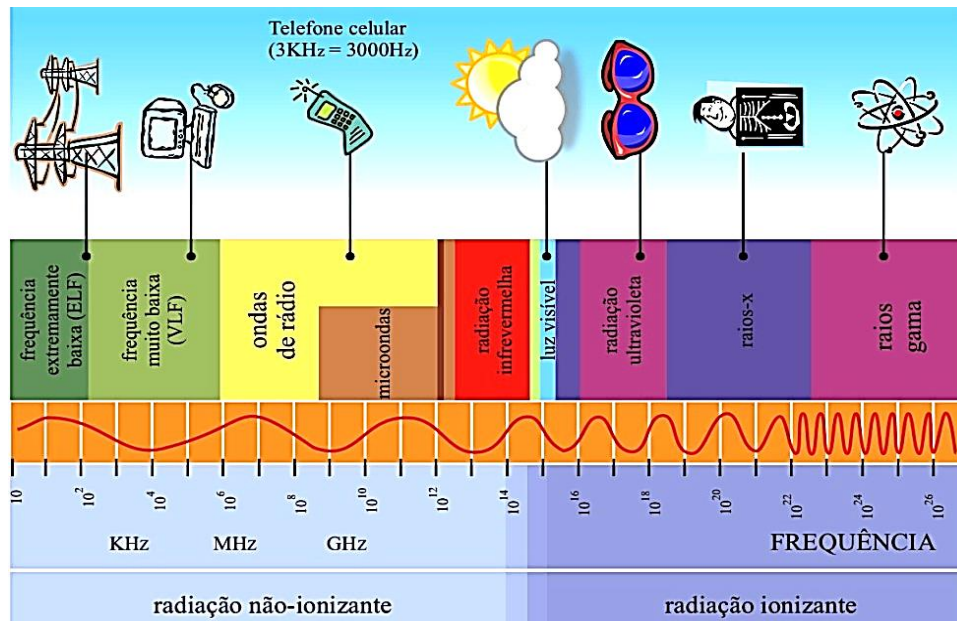


Figura 3 - Separação de espectros de Radiações ionizantes e não-ionizantes.

Fonte: Disponível em: <http://labcisco.blogspot.com.br/2013/03/o-espectro-eletromagnetico-na-natureza.html>.

As radiações não-ionizantes possuem energia relativamente baixa e geralmente causam um efeito de aquecimento. Estas radiações estão sempre a nossa volta, como por exemplo, ondas de rádio, luz visível e micro-ondas.

Por convenção, radiações não ionizantes são aquelas que têm comprimento de onda maior que 100 *nm*. Tais radiações são incapazes de produzir ionizações e seus efeitos nem sempre são prejudiciais. Contudo, são capazes de produzir efeitos biológicos crônicos e agudos nos indivíduos por outros meios (GONÇALVES; FARIAS; GONÇALVES, 2008).

As radiações ionizantes são aquelas que têm energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos. Segundo Okuno e Vilela (2005) quando a radiação eletromagnética interage com a matéria ela pode arrancar elétrons dos átomos que a constituem, transformando-os em íons, basta ter energia suficiente para tal. Os tipos mais comuns de radiação ionizantes são as radiações alfa, beta e gama.

Considera-se radiação ionizante qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, "arranca" elétrons dos átomos ou de moléculas, transformando-os em íons, direta ou indiretamente (CARDOSO *et al.*, 2012).

As radiações ionizantes podem alterar o estado físico de um átomo e causar a perda de elétrons, tornando-os eletricamente carregados. Um átomo pode se tornar ionizado quando a radiação colide com um de seus elétrons. Se essa colisão ocorrer com muita violência, o elétron pode ser arrancado do átomo. Após a perda do elétron,

o átomo deixa de ser neutro, pois com um elétron a menos, o número de prótons é maior, tornando-se um cátion.

6. TIPOS DE RADIAÇÕES NUCLEARES

Uma substância radioativa emite ininterruptamente radiações invisíveis que, diferente da radiação solar ou térmica, a depender de sua intensidade, não pode ser vista nem sentida pelo corpo humano. No entanto, é possível detectar essas radiações e medir sua intensidade com monitores de radiações.

As radiações corpusculares e eletromagnéticas, quando possuem energia suficiente, atravessam a matéria, ionizando-a, ou seja, removendo elétrons dos átomos. Como consequência, podem ocorrer mutações genéticas e modificações nas células vivas (OKUNO; CALDAS; CHOW, 1982).

Essas radiações se diferenciam pelo seu poder de penetração. As partículas alfa podem ser barradas facilmente por uma folha de papel, as partículas beta podem penetrar alguns milímetros de alumínio ou metais leves e os raios gama possuem maior poder de penetração, ao penetrar materiais como chumbo ou aço podem absorver esse tipo de radiação (SERWAY; JR, 2004, p. 1190).

Observe na Figura 4 o poder de penetração das radiações alfa, beta e gama.

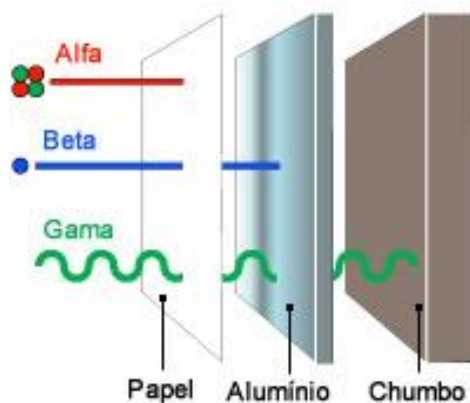


Figura 4 - Penetração das radiações alfa, beta e gama.

Fonte: Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica-nuclear/radiacao-gama/>.

O Quadro 1 apresenta os tipos de radiações com suas principais características e seus comparativos.

Quadro 1 - Comparativo entre as radiações alfa, beta e gama.

Radiação	Símbolo	Natureza	Carga	Massa	Poder de penetração	Ilustração
Alfa	${}^4_2\alpha$	Núcleo de He (2 prótons e 2 nêutrons)	+2	4	Baixo	
Beta	${}^0_{-1}\beta$	Elétron	-1	0	Médio	
Gama	${}^0_0\gamma$	Onda eletromagnética de alta energia	0	0	Elevado	

6.1 Radiação Alfa (α)

A radiação alfa é constituída por dois prótons e dois nêutrons e é análoga a um núcleo do hélio (4_2He). A figura abaixo é uma representação simbólica de um núcleo instável emitindo uma partícula alfa.

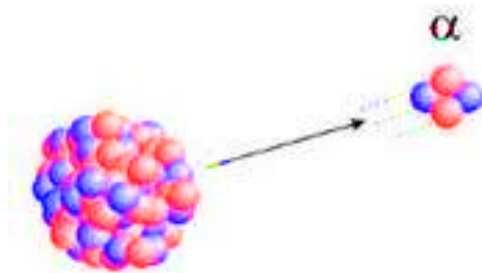
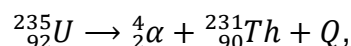


Figura 5 - Radiação alfa.
Fonte: Cardoso (2012, p. 15).

A emissão α é representada por:



Devido ao tamanho (partículas relativamente pesadas) e a carga elétrica ela pode ser barrada facilmente ao interagir com a matéria. Mesmo uma folha de papel ou a pele humana são suficientes para bloquear a radiação alfa completamente. Porto (2001) diz que de acordo com a Lei de Soddy, “quando um núcleo emite uma radiação alfa, seu número atômico diminui de duas unidades e seu número de massa diminui de quatro unidades”, como nos mostra a equação abaixo:



onde Q é a energia liberada no processo de desintegração.

Examinando cuidadosamente a equação acima, percebemos que o número de massa do Urânio é igual à soma dos números de massa dos elementos à direita (4 + 231). Esta afirmação é coerente com a Lei de Lavoisier, também chamada de Lei de Conservação da Massa ou ainda de Lei de Conservação da Matéria que diz o seguinte: “em uma reação química feita em recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas do produto.”

A Lei de Lavoisier fez uma referência a uma reação química, então vamos diferenciar a reação química de uma reação nuclear: uma reação química altera a eletrosfera do átomo, enquanto que a reação nuclear altera o núcleo do átomo. O quadro abaixo dá detalhes das diferenças entre as duas reações.

Quadro 2 - Comparativo entre as reações químicas e nucleares.

Reação química	Reação nuclear
Conservam os elementos químicos presentes (núcleos).	Geralmente transformam um elemento químico em outro.
A reatividade química de um elemento varia com o tipo de ligação da qual ele participa, com seu número de oxidação, etc.	A reatividade nuclear de um elemento independente das ligações químicas das quais ele participa.
Diferentes isótopos de um elemento têm propriedades químicas iguais.	Propriedades nucleares de formas isotópicas diferentes podem ser muito diferentes.
Implicam variações de energia desprezíveis em relação às dos processos nucleares.	Implicam enormes variações de energia.

Fonte: Gonçalves, Farias & Gonçalves, (2008, p. 14).

Segundo Medeiros (2008), a partícula alfa tem velocidade de $1,2$ a $2,2 \times 10^7$ m/s e energia cinética de 4 a 9 MeV. Para este intervalo de energia cinética, o alcance máximo R_α da partícula α , no ar, é dada pela expressão empírica de Geiger:

$$R_\alpha = 9,709 \times 10^{-24} V_\alpha^3,$$

onde V é o potencial.

6.2 Radiação Beta (β)

A radiação beta, de carga negativa, é constituída por elétrons, pois sua radiação é resultante da desintegração de um nêutron no núcleo, formando, além do elétron, 1 próton e 1 antineutrino:

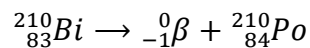


Nessa desintegração o elétron é criado fora do núcleo por parte da energia liberada na reação.

A emissão β é representada por:



Segundo a lei de *Soddy-Fajans-Russel*: “quando um elemento emite uma radiação beta, seu número atômico aumenta de uma unidade e seu número de massa permanece constante” (PORTO, 2001, p. 16).



A Figura 11 mostra que quando existe no núcleo um excesso de nêutrons em relação a prótons, há uma emissão de um elétron, com carga -1 , resultante da conversão de um nêutron em um próton, a qual denominamos de partícula beta negativa, ou simplesmente, partícula beta. No caso de existir excesso de cargas positivas, ou seja, os prótons, é emitida uma partícula beta positiva, chamada pósitron, resultante da conversão de um próton em um nêutron (CARDOSO, 2012, p. 16).

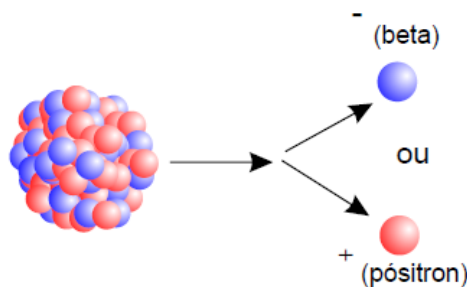


Figura 6 - Radiação beta.
Fonte: Cardoso (2012, p. 16).

Segundo Medeiros (2008), a radiação beta são elétrons expulsos da fonte com elevada velocidade e energia cinética de até $0,05$ a $3,5 \text{ MeV}$, quando sua massa torna-se *relativística* e podem ser detidos por uma folha de papel de 5 mm .

Para a energia cinética em questão, o alcance máximo R_β da partícula β é dado pela expressão empírica de Faether,

$$R_\beta = 5,5 (kg/m^2 \cdot MeV) K_{max} - 1,6(kg/m^2)$$

que deve ser referenciado ao meio que a absorve. Por sua vez, $R_\beta = \rho \cdot x$ (densidade x espessura).

A distribuição das partículas beta versus energia cinética tem um espectro contínuo onde os picos acontecem quando os raios beta sobrepõem-se aos elétrons dos orbitais, como se pode observar na Figura 7.

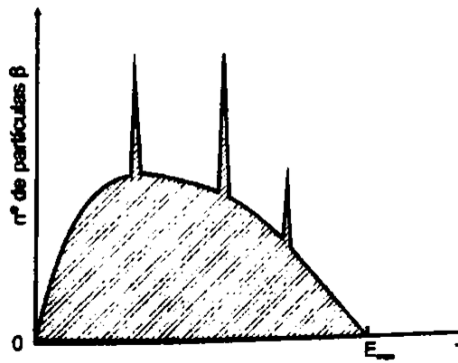


Figura 7 - Distribuição de partículas beta versus energia cinética.

Fonte: Medeiros (2008, p. 188).

6.3 Nêutrons (n)

São partículas sem carga e não produzem ionização diretamente, o fazem de forma indireta, transferindo energia para outras partículas carregadas que podem produzir ionização. Os nêutrons percorrem grandes distâncias através da matéria antes de interagir com o núcleo dos átomos que compõem o meio. São muito penetrantes, e podem ser blindados por materiais ricos em hidrogênio, como a parafina ou água (OKUNO, CALDAS & CHOW 1982).

6.4 Radiação Gama (γ)

Os raios gama são radiações eletromagnéticas como as ondas de rádio e luz visível, mas com ondas mais curtas, e com frequência mais alta, e assim, mais energéticas. São produzidos por rearranjo das partículas nucleares e possui mais energia que os raios-X.

Apesar de não terem cargas positivas ou negativas são bastante energéticas, assim são ondas eletromagnéticas de extrema penetração, sendo detidas apenas por grossas barreiras de concreto ou tipos específicos de metais. Segundo Porto (2001, p. 17) “os raios gama não possuem massa”, mas na verdade não possuem massa de repouso tendo, apenas, massa relativística e muita energia, não mudando número atômico nem o número de massa do núcleo radioativo emitente.

A emissão γ é representada por:



A Figura 8 é uma ilustração da radiação gama, ela pode ser explicada da seguinte forma: após a emissão de uma partícula alfa ou beta, o núcleo resultante desse processo, ainda com excesso de energia, procura se estabilizar, emitindo esse

excesso em forma de onda eletromagnética, da mesma natureza da luz, sem carga elétrica, mas com energia muito maior, chamada radiação gama (CARDOSO, 2012).

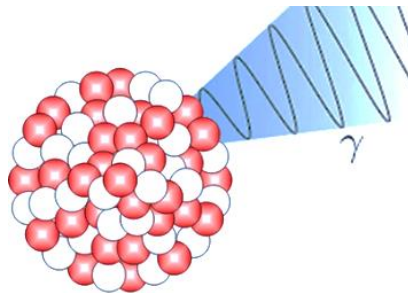


Figura 8 - Radiação gama.

Fonte: Disponível em:

http://legacy.jefferson.kctcs.edu/techcenter/Classes/Physics/AtomicNuclearandModernPhysics/AtomicNuclearandModernPhysics_print.html.

Segundo Medeiros (2008), os raios gama são radiações eletromagnéticas de frequência muito alta (de 10^{22} a $10^{24} Hz$), possuem massa de repouso nula, velocidade da luz e podem ser detidos por um bloco de chumbo, podem arrancar elétron por efeito Compton. Seu decaimento gama obedece à equação $I = I_0 e^{-\mu x}$, onde μ é o coeficiente de absorção e x , a espessura.

Um fóton de radiação gama pode perder toda ou quase toda energia numa única interação e a distância que ele percorre antes de interagir não pode ser prevista (OKUNO, CALDAS & CHOW, 1982).

6.5 Raios-X

Os raios-X são produzidos pela desaceleração de partículas carregadas ou pela transição de elétrons nos átomos e tem alto poder de penetração, também são ondas eletromagnéticas justamente como os raios gama e possuem as mesmas características, se diferem apenas quanto à origem, pois os raios gama se originam do núcleo atômico, enquanto que os raios-X tem origem fora do núcleo, na desexcitação dos elétrons (OKUNO, CALDAS & CHOW, 1982).

Segundo Porto (2001, p. 39) “os raios-X de energia variada são produzidos quando um feixe de elétrons acelerados bombardeia um anteparo metálico”.

7. METODOLOGIA

Estruturar um método para uma pesquisa é o mesmo que dar um norte para o pesquisador, rompendo desta forma com o conhecimento de senso comum na

busca de uma explicação científica para o problema da pesquisa. O método da abordagem desta pesquisa é o indutivo. Para Lakatos e Marconi (2007, p. 86),

Indução é um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Portanto, o objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam.

Sendo assim, o método indutivo parte de uma situação particular para tentar generalizar para um público maior o resultado do trabalho feito com os dados particulares.

Como método de procedimento, esta pesquisa está de acordo com o método monográfico. De acordo com Gil (2008), esse método tem como princípio o estudo profundo de um caso, que representará um grupo maior de casos semelhantes. Nesse procedimento, analisa-se os fatores que influenciam o processo, no caso, a radiação. Em relação aos procedimentos técnicos esta pesquisa tem caráter bibliográfico, ponto inicial de quase todas as pesquisas acadêmicas, que visa revisar o que as literaturas dizem sobre o tema pesquisa, utilizando como base para a construção do trabalho.

Esta pesquisa tem caráter descritivo, ou seja, não há intervenção direta do pesquisador na ocorrência dos fenômenos. Para que se cumpra com esse caráter, geralmente utiliza-se técnicas específicas de pesquisa.

A abordagem do problema da pesquisa foi de caráter qualitativo, pois é uma pesquisa investigativa na área da Física, segundo Firestone (1987, apud Moreira, 2011):

A pesquisa quantitativa está baseada em uma filosofia positivista que supõe a existência de fatos sociais com uma realidade objetiva independente das crenças dos indivíduos, enquanto que a qualitativa tem raízes em um paradigma segundo o qual a realidade é socialmente construída [...] A pesquisa quantitativa procura explicar as causas de mudanças em fatos sociais, primordialmente através de medição objetiva e análise quantitativa, enquanto a qualitativa se preocupa mais com a compreensão do fenômeno social, segundo a perspectiva dos atores, através de participação na vida desses atores [...] A pesquisa quantitativa tipicamente emprega delineamentos experimentais ou correlacionais para reduzir erros, vieses e outros ruídos que impedem a clara percepção dos fatos sociais, enquanto o protótipo do estudo qualitativo é a etnografia [...] O pesquisador quantitativo ideal é despreendido para evitar vieses, enquanto o pesquisador qualitativo fica 'imerso' no fenômeno de interesse (FIRESTONE, 1987, p.16-17, apud MOREIRA, 2011, p. 42).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Física é ensinada na educação básica está enraizada na física do século XVIII e XIX, já estamos no século XXI e os professores não conseguem se quer ministrar aulas da física presente no século XX para os alunos. Percebe-se que descobertas e considerações físicas realizadas no século XX ainda são abordadas na minoria das aulas de física do Ensino Médio.

Analisando as pesquisas sobre o ensino de física nos últimos anos percebe-se que diversos autores propõem uma atualização dos currículos escolares de física do Ensino Médio principalmente no que se refere a inserção de tópicos de Física Moderna, permitindo conciliar os avanços obtidos pela ciência nas últimas décadas aos conceitos que fazem parte de uma realidade cotidiana que permita uma ampliação nos conhecimentos dos alunos.

Atualmente, a Física Moderna trata de coisas que não conseguimos perceber com os sentidos, ela é percebida, em muitos momentos, pela imaginação através da construção de ideias que vem à cabeça, já que se trata de uma área que os experimentos nem sempre são acessíveis. Esse diferencial que a Física Moderna apresenta, acaba sendo o maior desafio que os professores têm enfrentado nas aulas.

Este trabalho teve como principal objetivo apresentar conceitos de radiação, radioatividade, partículas radioativas e reações nucleares. Para, assim, poder esclarecer sobre os benefícios e malefícios e alguns “por quês” que estão difusos no que tange o tema eleito por esse artigo.

Como proposta de finalizar o curso de Segunda Licenciatura em Física, esse artigo foi trazido como elemento chave desse curso, como forma elementar de colocar em prática as definições de uma área específica da Física, a Física das Radiações.

É importante destacar que praticamente todos os livros didáticos do Ensino Médio apresentam o conteúdo de Física Nuclear, ou seja, propõe a discussão sobre Radiação e Radioatividade. Porém, pode-se afirmar que o conteúdo não é discutido na maioria das instituições de Ensino Médio, e quando é discutido, o processo de ensino-aprendizagem do mesmo é feito de qualquer maneira e com qualidade abaixo do que se espera.

Com isso, conclui-se que o ensino da radiação e radioatividade é importante sim nas aulas de física, uma vez que os PCN's e as Orientações Curriculares para o

Ensino Médio dão a devida importância para o ensino da Radiação e Radioatividade ao garantir nos seus objetivos a contemplação desses temas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRÜCKMANN, Magale Elisa. **Radioatividade**. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 1991. 39p.

CARDOSO, Eliezer de Moura; et al. **Apostila Educativa CNEN: A Energia Nuclear**. 3 ed. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2012. 52 p. Disponível em:

<<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/apostila-educativa-aplicacoes.pdf>>. Acesso em: jan. 2016.

GONÇALVES, Giuliana; FARIAS, Josué; GONÇALVES, Tatiana. **Módulo Inovador USP: Radioatividade X Radiação / Módulo Inovador de Ensino entregue à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo**. São Paulo: USP, 2008. Disponível em: <<http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/86/RadiacaoXRadioatividade.pdf> >. Acesso em: jan. 2016.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 1: mecânica / tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi**. – 8 ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2008.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 4: óptica e física moderna / tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi**. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: LTC, 2010.

HEY, T. e WALTERS, P. "The Quantum Universe". Austrália. Scotprint Ltd., 1987.

MEDEIROS, Damascynclito. **Física Moderna**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna

OKUNO, Emico; CALDAS, Iberê Luiz; CHOW, Cecil. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. – São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

OKUNO, Emico; VILELA, Maria Aparecida Constantino. **Radiação ultravioleta: características e efeitos**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 18, n. 2: p. 135-151, ago. 2001.

PORTO, Cleoman. **Radioatividade e suas aplicações: teoria e exercícios; resolução comentada**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001. 96 p.

RUZZI, Maurício. **Física Moderna: Teorias e Fenômenos**. Curitiba: Ibepex, 2008. 136 p.: il.

SANTOS, Cintia Aparecida Bento dos. Um estudo sobre os cursos de formação de professores que ensinam a disciplina de física no ensino médio. **REVEMAT**, eISSN, 1981-1322, Florianópolis (SC), v. 06, n. 2, p. 1-18, 2011.

SERWAY, Raymond A; JR, John W. Jewett. **Princípios de física** / tradução André Koch Torres Assis, Leonardo Freire de Mello; revisão técnica André Koch Torres Assis. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

TIPLER, Paul Allen; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna** / tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2010.