



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CAMPUS I**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA**

Giovanni Lima da Silva

**A Química Nuclear como uma proposta didática para conscientização no espaço escolar**

Campina Grande-PB

2018

Giovanni Lima da silva

**A Química Nuclear como uma proposta didática para conscientização no espaço escolar**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de licenciatura em química.

Área da Concentração: Educação em Química

Orientador: Prof. Dr. Juracy Regis de Lucena Junior.

Campina Grande-PB

2018

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586q Silva, Giovanni Lima da.  
A Química Nuclear como uma proposta didática para conscientização no espaço escolar [manuscrito] : / Giovanni Lima da Silva. - 2018.  
34 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.

"Orientação : Prof. Dr. Juracy Regis de Lucena Júnior, Departamento de Química - CCT."

1. Ensino de Química. 2. Química nuclear. 3. Radioatividade. 4. Proposta didática.

21. ed. CDD 372.8





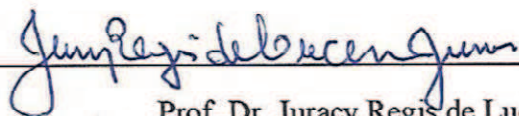


**A Química Nuclear como uma proposta didática para conscientização no espaço escolar**

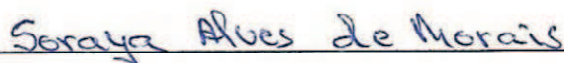
Trabalho de conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de licenciatura em química.

APROVADA EM 23 / 03 / 2018

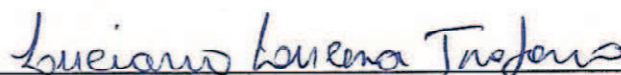
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Juracy Regis de Lucena Júnior  
DQ-CCT-UEPB  
Orientador



Prof. Dr. Soraya Alves de Moraes  
DQ-CCT-UEPB  
Examinador I



Prof. Mestre Luciano Lucena Trajano  
DQ-CCT-UEPB  
Examinador II

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Químico maior supremo “Deus” primeiramente por me dar vida e saúde nesta caminhada.

A minha família por me ajudar de alguma forma no decorrer do curso.

Ao Prof. Dr. Juracy Reges de Lucena Junior por me auxiliar nos trabalhos de escrita e formulação deste trabalho de conclusão de curso.

Aos meus Colegas de curso por ver suas dedicações e força de vontade de seguir em frente e nunca desistir, que me serviu de espelho e confiança neste curso.

A você minha esposa por ter me dado forças e ter me ajudado em diversas dificuldades financeiras em nossa humilde casa, meu amor.

A você minha mãe por ter me dado conselhos para seguir em frente e nunca desistir, ao meu pai embora fisicamente ausente, sentia sua presença ao meu lado, dando-me forças.

Aos professores do Curso de graduação da UEPB, em especial, ao Prof. Mestre Luciano Lucena Trajano e a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Soraya Alves de morais, meus muitos agradecimentos por ter paciência no decorrer do curso.

E a você, Prof. Dr. Guilherme Lucena da Escola Dom Luiz Gonzaga Fernandes, por ter aberto as portas para mim na hora em que mais precisei em meus estágios e em ter me dado confiança em minhas aulas, meu muito obrigado.

## **A Química Nuclear como uma proposta didática para conscientização no espaço escolar.**

Giovanni Lima da silva\*

### **RESUMO**

Desde a descoberta da radioatividade em 1897 por Becquerel e a descoberta dos elementos químicos polônio e rádio por Marie Curie e Pierre Curie, esse fenômeno importante da natureza bastante é discutido pela sociedade contemporânea. Este trabalho aborda a temática radioatividade desde o contexto histórico, passando por sua aplicação na área da saúde, como também os riscos que existem quando ocorre contaminação com substâncias radioativas. No ensino básico o conteúdo de radioatividade é negligenciado nas escolas do ensino médio. Então o objetivo foi abordar a química nuclear numa escola pública de Campina Grande, com a aplicação de um questionário sobre o tema, apresentação de um documentário sobre o acidente do césio 137 em Goiânia, debate em sala e uma avaliação com quarenta estudantes do ensino básico. A pesquisa foi realizada com estudantes de dois ciclos da modalidade Educação de Jovens e Adultos como uma proposta didática. Com a análise dos dados, observou-se baixo conhecimento dos estudantes em radioatividade no primeiro momento da pesquisa e com a intervenção realizada, através da pesquisação, os resultados foram satisfatórios.

Palavras chaves: Química nuclear. Radioatividade. Proposta didática.

## **Abstract**

From the discovery of radioactivity in 1897 by Becquerel and the discovery of the chemical polonium and radio elements by Marie Curie and Pierre Curie, this important phenomenon of nature is much discussed by contemporary society. This work deals with radioactivity from the historical context, through its application in the health area, as well as the risks that exist when contamination occurs with radioactive substances. In basic education, chemistry nuclear content is neglected in high school. The objective was to approach the radioactivity in a public school in Campina Grande, with the application of a questionnaire on the subject, presentation of a documentary about the cesium 137 accident in Goiânia, a debate in the classroom and an evaluation with forty basic students. The research was carried out with students from two cycles of the Youth and Adult Education modality with a didactic purpose. With the analysis of the data, it was observed low knowledge of the students in radioactivity in the first moment of the research and with the intervention, through the action research, the results were satisfactory.

Keywords: Chemistry nuclear. Radioactivity. Marie Curie. Didactic purpose.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Objetivos Específicos.....</b>	<b>11</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Alfabetização Científica no Ensino de Química.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2 A História da Radioatividade.....</b>	<b>12</b>
3.2.1 Marie Curie.....	14
<b>3.3 Radioatividade na Medicina.....</b>	<b>16</b>
3.3.1 Radioterapia usando Cobalto 60.....	17
3.3.2. O uso do Tecnécio no Diagnóstico de Radiofármaco .....	18
<b>3.4 Césio 137: a tragédia radioativa do Brasil.....</b>	<b>19</b>
<b>3.5 Estudo da Radioatividade no contexto da Educação Química.....</b>	<b>20</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>
<b>APÊNDICES A .....</b>	<b>29</b>
<b>APÊNDICES B .....</b>	<b>30</b>
<b>APÊNDICES C.....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXOS A .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXOS B .....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O uso da Radioterapia no tratamento do cancer não é simplesmente um tema associado a área da Saúde. Por trás da tecnologia que existe atualmente no uso de isótopos radioativos que cada vez aumenta a precisão na incidência de radiação ionizante em células cancerígenas, existe a história de dedicação da cientista ganhadora de dois prêmios nobel, a física polonesa Marie Curie.

A descoberta do raio X em 1895 pelo físico Röntgen e em seguida, em 1897 a descoberta da emissão espontânea de radiação em sais duplos de urânio pelo físico Becquerel são os dois principais eventos que motivaram Marie Curie a se aprofundar no estudo de substâncias que emitem de forma espontânea radiação com alta energia relativa.

Com o isolamento dos elementos polônio e do rádio Marie Curie e com o importante apoio do seu esposo, o físico francês Pierre Curie, a cientista de origem polonesa não apenas garantiu um espaço entre os físicos mais importantes da sua época, mas também se dedicou a montagem de equipamentos móveis de radiografia para ajudar aos feridos da Primeira Grande Guerra, como também trabalhou com sua filha, a também física Irène Curie no primeiro equipamento de radioterapia do mundo.

A radioatividade não trouxe apenas avanços tecnológicos, mas também perigos de contaminação dos próprios cientistas que trabalhavam nessa nova área do conhecimento por radiação ionizante. Alguns acidentes aconteceram em várias partes do mundo, inclusive no município de Goiana, estado de Goiás, com a contaminação de algumas pessoas com o Césio 137.

O conteúdo de Radioatividade está na grade curricular do Ensino Médio das escolas do Brasil, oportunizando aos professores de química do ensino básico trabalhar não apenas nos fundamentos físicos e químicos dos isótopos radioativos, mas também no contexto da história da ciência e no alerta dos perigos da radiação ionizante para o ser humano, com o objetivo de prevenir futuros acidentes iguais ao do Césio 137.

Portanto, este trabalho de pesquisa na área da Educação Química propõe o uso do tema radioatividade como fator motivador nas aulas de química do ensino médio, com destaque a história da ciência, aplicação da radioatividade na medicina e perigos de contaminação da radiação ionizantes. O público alvo dessa pesquisa foram 40 estudantes do Ensino Médio do Estado da Paraíba, modalidade EJA do turno da noite.

A radioatividade tem grande importância nos fármacos radioativos nos dias de hoje. É utilizado em uma especialidade denominada Medicina Nuclear. Quando a finalidade é diagnosticar patologias na composição dos radiofármacos, radionuclídeos emissores de radiação gama. A radiação é utilizada para destruir células tumorais (ARAÚJO, 2005). E a importância do raio X que é usada bastante em pacientes com fraturas no corpo.

Esta é uma pesquisa para conscientização dos estudantes frente aos cuidados e prevenção sobre a radiação no nosso corpo. Quais os problemas de saúde que a radioatividade provoca? Quais os seus benefícios? São questões que pretendem-se discutir em uma proposta didática.

Portanto com uma avaliação dinâmica com alunos em sala de aula o uso de questões que informe os meios de conhecimentos e prevenção, benefícios e malefícios da radioatividade nos dias de hoje.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Aplicar uma proposta didática de ensino para os alunos do Ensino Médio sobre a radioatividade numa perspectiva contextualizada.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre os aspectos histórico da radioatividade;
- Elaborar um plano de aula sobre radioatividade para uma turma do segundo ano do ensino médio, modalidade EJA, destacando aspectos voltados a sua aplicabilidade e importância social, explicando os fenômenos da radioatividade na natureza, seus efeitos, benefícios e malefícios da exposição a esses raios;
- Aplicar um questionário para verificar o conhecimento prévio em radioatividade dos estudantes da turma citada;
- Ministrando uma aula sobre radioatividade em nível de ensino médio numa sala de aula do segundo ano do ensino médio, modalidade EJA;
- Analisar os resultados qualitativo e quantitativo da aplicação do questionário e da aula ministrada.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE QUÍMICA

O ensino de ciências nos séculos XIX e XX sempre foi considerado como dogmático, centrado em verdades, onde o sistema transmissão e recepção predominava na apresentação de resultados científicos e nos conceitos, sem o uso de contextualização e aspectos históricos (FOUREZ e colaboradores, 1997, apud MILARÉ e colaboradores, 2009).

Ao desejar apresentar uma nova proposta no ensino de ciências numa construção do conhecimento para transformar o aluno num cidadão para ação e atuação na sociedade se faz necessário seguir o que indica a literatura especializada em alfabetização científica (MILARÉ e colaboradores, 2009).

O termo alfabetização científica foi utilizado pela primeira vez pelo norte americano Paul Hurd no seu livro “Science Literacy: Its Meaning for American Schools”, publicado em 1958 (SASSERON e CARVALHO, 2011).

Para uma pessoa ser considerada alfabetizada cientificamente deve ter conhecimento das relações entre Ciência e Sociedade; saber sobre a ética que monitora o cientista; conhecer a natureza da ciência; diferenciar Ciência de Tecnologia; possuir conhecimento sobre conceitos básicos das ciências; e, por fim, perceber e entender as relações entre as ciências e as humanidades (PELLA e COLABORADORES, 1966 apud SASSERON e CARVALHO, 2011, pg. 62).

A alfabetização científica é defendida por muitos pesquisadores do ensino de Ciências em todos os continentes como um procedimento necessário na formação do estudante. De acordo com GIL-PÉREZ e VILCHES (2006) ela é necessária também para tornar a Ciência acessível aos cidadãos em geral, reorientar o Ensino de Ciências para os futuros cientistas, modificar concepções errôneas da ciência e tornar possível à aprendizagem significativa de importantes conceitos.

#### 3.2 A HISTÓRIA DA RADIOATIVIDADE

O físico Wilhelm Roentgen no ano de 1895, na universidade de Wurzburg trabalhava em alguns experimentos envolvendo fenômenos luminescentes. Um desses experimentos consistia na produção de uma corrente elétrica em um tubo de vácuo (tubo catódico). Ao cobrir com o tubo catódico com uma proteção opaca, Roentgen observou uma radiação invisível aos olhos, mas que atravessava a opacidade e atingia anteparos revestidos de

substâncias luminescentes. Os experimentos de Roentgen envolviam alguns produtos químicos auxiliando como ele dizia “observações desta débil luminescência “(STRATHERN, 2000).

[...] Quando ligava a corrente, vislumbrava uma luminescência do lado oposto da sala escurecida. Descobriu que era uma folha de papel revestida com uma camada de platinocianeto de bário (um dos produtos químicos luminescentes que vinha testando)[...] (STRATHERN, 2000, pg. 15).

Roentgen ficou entusiasmado com este fenômeno extraordinário. A conclusão dele para essa observação foi que existia um tipo de radiação neste fenômeno, onde ele deu o nome de raio X pelo desconhecimento na época de qual radiação estava sendo observado (CHASSOT, 1995).

Com a continuação das suas observações, Roentgen percebeu, acidentalmente, que aquele Raio X ao passar através da sua mão, e logo após ao atingir um anteparo revestido com papel impregnado com substância sensível a radiação, uma fotografia dos ossos da mão foi obtida com uma ótima qualidade.

Roentgen tinha noção da importância da sua descoberta, tanto que fez todos os seus últimos experimentos, até a escrita dos artigos e a posterior divulgação a comunidade científica, totalmente em segredo. Por conta disso, a sua esposa foi usada para o registro da primeira foto dos ossos (primeira radiografia) da parte de um corpo humano na história (figura 1). Um fato curioso é que a esposa de Roentgen, Anna Bertha, andava intrigada com ele que estava trabalhando muito sozinho no quarto escuro. Ela notou inquietações por parte dele e a primeira radiografia pode está relacionada com esse fato do casal (CHASSOT, 1995).

Figura 1. Primeira radiologia começou em 1895, quando o fisico alemão Wilhelm Conrad Roentgen descobriu os Raios X.



Fonte: CHASSOT, 1995

E após semanas de trabalhos, Roentgen estava pronto para revelar sua descoberta ao mundo científico. Convidou uma plateia e mostrou o poder de penetração do raio X e o que o mesmo poderia fazer quando irradiado na mão de um homem, incidindo num papel sensível a radiação e depois, revelado, apresentando os ossos como jamais visto antes. Essa maravilha deixou todo mundo entusiasmado, se espalhando pelo mundo imediatamente. Apesar da aplicação prática na medicina, não havia conhecimento suficiente na época sobre aquela radiação, como por exemplo, que a mesma causava leucemia nas pessoas após exposição excessiva (CHASSOT, 1995).

Lamentavelmente, porém, ninguém pensou em proteger o público contra os próprios raios X. Vários anos se passariam antes que se descobrisse que a exposição excessiva àqueles raios causava leucemia (STRATHERN, 2000, pg. 16).

Com tudo isto acontecendo no início de 1896, outro cientista, chamado Becquerel, começou investigar um sal duplo de urânio (sulfato de potássio uranilo), onde ele trabalhava em estudo de luminescência.

Becquerel colocava um cristal desse sal sobre uma chapa fotográfica, envolta de um papel preto. O conjunto era submetido a radiação solar, uma vez que ele imaginava que o fenômeno observado era por conta da energia do sol. Durante um período de inverno rigoroso, vários dias o sol não apareceu e Becquerel recolheu o experimento, colocando o cristal dentro de uma gaveta no seu escritório junto com a chapa fotográfica. Ao abrir a gaveta depois de uns dias, a marca da pedra estava revelada na chapa fotográfica. Este fenômeno muito interessante observado por Becquerel o levou imaginar que o tal do raio X de Roentgen poderia explicar o resultado do experimento (CHASSOT, 1995).

Um choque o aguardava. Quando revelou a primeira chapa, descobriu uma intensa névoa branca que se espalhava a partir do ponto onde o cristal estivera pousado. Isso significava que qualquer radiação que estivesse sendo emitida pelo sal não envolvia a luz solar, e tampouco nenhum tipo visível de fluorescência, já que o cristal não estivera brilhando no escuro. (STRATHERN, 2000, pg. 18).

### 3.2.1 MARIE CURIE

Nascida na Polônia dominada pelos russos, Marya Salomee Sklodowska (1867-1934), conhecida no meio acadêmico como Marie Curie foi uma renomada cientista com pionerismo nas descobertas e nos estudos da área de radioatividade. Apesar dos problemas sociais e financeiros, Marya teve, junto aos seus irmãos, uma educação de qualidade incentivada pelo

seu pai, Wladyslaw Sklodowski, professor de física e matemática. Sofreu, porém, com a perda da mãe aos dez anos de idade, em consequência da tuberculose, e após isso com a demissão de seu pai, demitido por ensinar princípios nacionalistas poloneses aos seus alunos em pleno domínio russo (STRATHERN, 2000). Diante das dificuldades, aos seus dezoito anos de idade foi para o campo e se instalou na cidade de Szczuki, na qual também exerceu o papel de educadora aos filhos do seu patrão, e assumiu o risco de ser deportada ou até mesmo presa pelas autoridades devido ao ensino da língua e da cultura polonesa aos camponeses analfabetos da região, que se recusavam a aprender a língua russa imposta pelas forças dominantes. (REIS, DEROSI, 2014).

Aos 24 anos de idade viajou para Paris e se matriculou na Faculté de Sciences da Sorbonne, Universidade de Paris, com 1.800 estudantes, dos quais apenas vinte e três eram mulheres, número consequente da discriminação existente, que se reflete algumas ideias da época, como: “Mulher não é um cérebro, é um sexo”. Todavia, Marie foi capaz de desenvolver sua independência morando sozinha numa *Chambre de bonne*, um tradicional quartinho em torno da Sorbonne. Sua rotina era de muito estudo, experimentos em laboratório e leituras na biblioteca, com noites de produção acompanhadas por uma barra de chocolate. Diante disso, apesar do seu amor pelo seu país de origem, identificou-se com seu país de adoção, e, assim, “afrancesou” seu nome para Marie. Foi na França que ela conseguiu muitas de suas oportunidades, ainda que existisse na época perseguições política que levaram vários cientistas à guilhotina. Mas, ainda assim, a ciência avançava muito rápido, com evolução progressiva nas descobertas e pesquisas, nas quais se revelaram muitos outros importantes nomes. (STRATHERN, 2000).

Convidada pelo professor Lippmann para trabalhar no laboratório como pesquisadora assistente, começou a estudar acerca das propriedades magnéticas do aço, nas quais ganhou experiência. Na visita a um físico polonês foi apresentada a um homem que tinha trinta e cinco anos de idade, Pierre Curie, com quem teve uma conversa amistosa. Pierre era nove anos mais velho, um sonhador. Já tinha trabalhos de grande relevância, como os estudos experimentais com o seu irmão, Jacques, que o levaram a descobrir que certos cristais não condutores (como o quartzo) desenvolviam uma carga elétrica distorcida quando submetidos à pressão, o que veio a ser chamado de efeito piezolétrico. Sua tese de doutorado tratava do efeito do calor das propriedades magnéticas, área na qual Marie estava a realizar pesquisas, o que os levou, por sua vez, a uma maior aproximação. Com grande afeto um pelo

outro, mais tarde se casaram. Amavam junto a ciência e um ao outro, tendo duas filhas Irène Joliot Curie e Ève Curie (STRATHERN, 2000).

Marie Curie interessada num tema para ser usado como pesquisa para o seu doutorado queria investigar os resultados observados por Becquerel. Foi o ponto de partida para o descobrimento do fenômeno desconhecido. A sua pesquisa ficou marcante na vida dela por conta de uma dedicação extraordinária nos seus famosos experimentos de química, os quais foram realizados num depósito velho, transformado num laboratório artesanal improvisado pelo seu marido, Pierre Curie, que deu total apoio e colaboração científica nas suas pesquisas. O amor e a extraordinária dedicação às pesquisas resultou no processamento de quase dez toneladas de pechblenda, da qual se conseguiu extrair um grama de rádio. Apesar da grande perspectiva comercial acerca do rádio na época, Marie Curie recusou patentear o seu método de produção de rádio a partir da pechblenda, uma vez que havia assistência por parte dos estudos de Becquerel e Demarçay (REIS E DEROSI, 2013).

Aos trinta e três anos de idade a tese de doutorado de Marie Curie saiu como o primeiro diploma avançado em pesquisas conquistado por uma mulher e, assim, se tornou conhecida pelo mundo todo. Mais tarde, em 1903, junto a Becquerel, Marie e Pierre conseguiram o prêmio Nobel de física e após um escândalo da imprensa que espalhou assuntos pessoais da sua vida, depois da morte de Pierre, ela recebe o segundo Prêmio Nobel em 1911 desta vez em Química, auxiliada nas pesquisas acerca do Polônio e do Rádio por seu marido Pierre Curie. O elemento Polônio foi assim nomeado em homenagem ao seu país de origem, a Polônia (ARAÚJO, 2005).

Nomeou “Radioatividade”, o fenômeno descoberto através dos elementos estudados. Com suas descobertas, Pierre viu que um grama de rádio envolvia muita energia até mesmo para ferver água, emitindo 140 calorias por hora. Ninguém entendia ao certo o que estava acontecendo naquela época, além das diversas queimaduras, eles tiveram problemas de saúde que se agravavam dia após dia e ninguém sabia resolver, pois se tratavam de coisas novas. (STRATHERN, 2000).

### 3.3. RADIOATIVIDADE NA MEDICINA

Marie Curie, com ajuda de sua filha Irène Joliot-Curie, instalou equipamentos em pequenos cômodos móveis e realizou diversos exames de Raio X em soldados que foram



feridos durante a Primeira Grande Guerra. Esse feito foi um grande avanço tecnológico à época.

Na atualidade, nos hospitais ou clínicas especializadas em diagnosticar câncer, entre outras doenças, sempre haverá algum aparelho no qual é presente um componente radioativo, como: o tecnécio-99m, iodo-123, índio-111, gálio-67 e o tálio-201, entre outros radiofármacos, todos emissores de radiação gama. Logo, sabemos que para manusear um equipamento desse é necessário ser um especialista na área de radioterapia, ou até mesmo ser um Físico Nuclear (ARAÚJO, 2005).

De forma mais simples, podemos dizer que radiofármacos são moléculas ligadas aos elementos radioativos (radioisótopos ou radionuclídeos), constituindo dessa forma fármacos radioativos que são utilizados em uma especialidade médica denominada Medicina Nuclear. (ARAÚJO, 2005, pg. 31).

### 3.3.1 RADIOTERAPIA USANDO COBALTO 60

Um das técnicas para combater o câncer (células cancerígenas) é o uso da radiação, como o iodo 131, césio 137 e o cobalto 60. Porém, destaco o Cobalto 60. Ele apresenta energia de radiação gama e tempo de meia vida curto, sendo absorvido pelo órgão e posteriormente eliminado pelo o organismo. Após a absorção, o médico atenta àquele órgão no qual aconteceu a maior absorção de energia e conclui a localização das células cancerígenas, uma vez que essas células têm um comportamento diferente do que o normal.

As células novas e saudáveis resistem à radiação, emitida por certo tempo, ao ponto que as células cancerígenas são sensíveis a essa radiação e são destruídas. Um dos primeiros serviços de radioterapia foi operado em Portugal, em 1958, no Instituto Português de Oncologia (IPO), usando o cobalto 60 (MONTEIRO, 2016).

Segundo CALIL (2017), o tratamento radioterápico apresenta diversas funções como: reduzir a pressão causada pelo o tumor e a dor, para o crescimento que isto é importante que têm casos de morte imediato devido o tamanho do tumor e cura de certos tipos de tumores e outra doenças, geralmente dependendo do tamanho do tumor é aplicado uma sessão de radioterapia antes da cirurgia diminuindo-o para evitar o sangramento, a radioterapia pode servir em casos de destruição do tumor evitando um procedimento invasivo, também não é recomendada para todo tipo de câncer depende do tipo e estágio da doença, por exemplo, raramente se recomenda para o tratamento de leucemia, porém a radioterapia é eficiente em todos os casos para qual for indicada dependendo do estado que se encontra a doença do paciente, os efeitos colaterais da radioterapia variam em função da área tratada e a dose, portanto tem diversos efeitos colaterais, mas isso desaparece com o fim do tratamento, como

por exemplo, tristeza emocional, cansaço dormir bastante, náusea e vômitos que pode ser controlado com medicação, a perda de apetite às refeições devem ser em pequenas quantidades, porém com mais frequências, diarreia porque a irradiação do abdome pode desencadear aumento das evacuações, a mudança de paladar, a boca irritada e diversas preocupações que o paciente deve toma durante o tratamento.

O cobalto 60 (Co-60) é um isótopo artificial extremamente radioativo produzido num reator nuclear, a partir do bombardeamento de Co-59 com neutrões (Moura, 2016). O Co-60 é conhecido devido às suas aplicações em radioterapia. Este decai em emissões beta ( $\beta^-$ ) de Ni-60 com uma meia-vida de 5,2714 anos, emitindo raios gama ( $\gamma$ ) com energias de 1,117 MeV e 1,33 MeV[...] (MONTEIRO, 2016, pg. 17).

Portanto, até hoje, é o único modelo que se pode combater doença não evasiva do tipo câncer em meio a radiações.

### 3.3.2 O USO DO TECNÉCIO NO DIAGNÓSTICO DE RADIOFÁRMACO

O Tecnécio-99m é um elemento de importante destaque, ainda que muitos não o conheçam. O Tecnécio-99m é obtido a partir do decaimento do molibdênio, num processo em que cerca de 87,5% dos átomos de  $^{99}\text{Mo}$  de uma determinada amostra desintegra-se por emissão de radiação  $\beta^-$ . O resultado é a produção de núcleos de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Dessa forma, se obtém um radiofármaco que pode ser utilizado no diagnóstico de doenças como o câncer, ou em outros tratamentos de seres vivos de uma forma geral. A especialidade médica que, por sua vez utiliza das moléculas ligadas ao elemento radioativo para determinar diagnósticos e realizar tratamento é a denominada medicina nuclear. Os radiofármacos são utilizados em quantidades específicas com o objetivo de diagnosticar patologias e disfunções no organismo humano como, por exemplo o infarto do miocárdio ou uma disfunção renal. O Tecnécio é um exemplo de elemento que apresenta todos os seus isótopos conhecidos, até o momento, como isótopos radioativos, desde o Tecnécio-90 ao Tecnécio-100. Além do próprio Tecnécio, existem outros emissores de radiação beta que também são utilizados para terapias, como, por exemplo, os isótopos: Iodo-131, Ítrio-90, Lutécio-177, Rênio-188, Estrôncio-90 e o Samário-153, entre outros (ARAÚJO, 2005).



Figura 2: Gerador  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  a base dos isótopos 99 do molibidênio e do 99 do tecnécio.



Fonte: ARAÚJO, 2005

Na figura 2 observa-se um gerador de  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$  que apresenta uma vida útil que pode variar de uma semana a quinze dias. O tempo de vida útil depende, por sua vez, da carga do isótopo 99 do molibidênio ( $^{99}\text{Mo}$ ), o elemento pai. Nesse sentido, chama-se o isótopo 99 do tecnécio ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) de elemento filho, uma vez que é obtido a partir do decaimento do elemento pai.

O Tecnécio- $^{99\text{m}}$  é um emissor de radiação gama de baixa energia cerca de 140 keV e possui um tempo de meia vida de 6,02 horas (ARAÚJO 2005). No anexo A é apresentando o caminho do radiofármaco até a sua chegada ao organismo do ser humano na figura 4.

### 3.4 CÉSIO 137: A TRAGÉDIA RADIOATIVA DO BRASIL

Espalham-se por todas as regiões brasileira diversos catadores de lixo, muitos deles seguem suas atividades para sustentar a sua família. Nesse contexto, dois rapazes, em busca de um bom lucro, entraram num prédio abandonado de uma antiga clínica de tratamento de câncer. Acharam um cápsula, pesada e aparentemente feita um metal valioso, o chumbo. Resolveram pegar e vender então como sucata. Todavia, não sabiam que dentro da cápsula estava um sal denominado Cloreto de Césio, que apresenta em sua composição o Césio 137, um isótopo radioativo.

Dois amigos, Wagner e Roberto, entram em um prédio abandonado de uma clínica médica. Encontraram lá um equipamento e o retiraram de lá na possibilidade deste ser vendido como sucata, devido ao fato de ser pesado e provavelmente ser feito de chumbo, um metal valioso. Os dois amigos não sabiam, entretanto, que aparelho em questão era utilizado em tratamentos de radioterapia possuía césio 137, elemento radioativo, o qual era o motivo da presença protetora do chumbo (CHEMELLO, 2010, pg. 1).

O dono da sucata, Devair, conseguiu desmontar completamente a peça de chumbo. Deixou-a na prateleira em seu ambiente de trabalho. Durante a noite, deparou-se com o brilho

da substância, de tom azulado. Ficou supresso com aquele brilho intenso que se fazia no escuro. Logo, juntou parte da substância e a levou para casa, para mostrar a sua família. No entanto, alguns dias depois, os membros da família sentiram diversos sintomas estranhos, como enjoo, diarreia, fraquezas pelo corpo. Porém, ainda não sabiam a causa dos sintomas que atingiam a família toda. A mais contaminada tinha sido uma criança. Diziam eles que parecia com sal de cozinha, um pó branco, mas que brilhava quando posto no escuro. Possivelmente, o brilho consequente da ionização do gás ao seu redor ou uma luminescência. Quando todo o bairro daquela comunidade soube do acontecido, os moradores ficaram com medo de uma possível contaminação e a família contaminada sofreu grandes preconceitos. (CHEMELLO, 2010).

Ainda hoje, na cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás, o medo, preconceito e doenças associadas a contaminação afligem os moradores da cidade (CHEMELLO, 2010, pg. 2).

O sal de fórmula  $CsCl$  é solúvel em água e se espalhava com facilidade pela casa, contaminando diversos objetos. Boa parte da substância se encontrava debaixo da cama da criança. Com toda a família contaminada, a opção foi ir ao médico. O médico, no entanto, desconfiou da conversa dos pacientes e observou que se tratava de uma radioatividade de uma substância desconhecida até o momento. Logo, convocou um físico, Valter Mendes, que com o auxílio de um contador Geiger comprovou que se tratava de um problema consequente de exposição à radiação. A partir disso se tomaram várias providências, entre elas, o alerta às autoridades. O pânico se estendeu por toda a área contaminada. Muitos funcionários trabalharam para a eliminação da substância naquele local. Ocorreu uma demolição total da área que apresentava contaminação radioativa. Além disso, cerca de cento e doze mil pessoas passaram por análise e quatro pessoas foram vítimas fatais do Césio 137, assim como alguns animais que foram sacrificados. (CHEMELLO, 2010).

Consequentemente, ainda há marcas daquele episódio nos dias de hoje, que destruiu parte de uma família, deixando traumas e arrependimentos. (CHEMELLO, 2010).

Na figura 5, que está em anexo, mostra-se o resultado da Tragédia do Césio 137.

### 3.5 ESTUDO DA RADIOATIVIDADE NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO QUÍMICA

A radioatividade é um tema de grande importância para o estudo da Química em escolas de ensino médio, que desenvolvem questões de qualidade de vida, vem que as radiações podem nos ajudar de várias formas, principalmente na medicina, isto é importante

para levar para a escola, onde pode ser o começo de todo um ensino didático relacionado a esse tema(OLIVEIRA et.al, 2014).

É essa alfabetização científica e tecnológica, que proporciona ao aluno um contato com diferentes enfoques de estudos, e desenvolve nele a capacidade de ser crítico, levando-o a repensar sua participação, e suas atitudes na sociedade em que vive(OLIVEIRA et.al,2014,pg.2).

É nesta perspectiva que teremos de esperar dos alunos em escolas de nível médio, um olhar crítico sobre a ciência e em enfoque a matéria e sua radiação, o que pode acontecer com a sociedade? Onde poderam tomar suas decisões e tomar seus destinos e a participação necessária na ajuda efetiva na formação como cidadãos cientificamente alfabetizados e que levem para suas famílias o que aprenderam na escola. Certo quando falamos em radioatividade a uma polêmica entre os alunos e a sociedade, pois levam isso só para malefícios, mas não veem a importância da radiação nos nossos dias, visto que, para acontecer exames e combate ao câncer, teriam que colocar um equipamento necessário para o controle da doença, porém houve um descuido por parte dos especialistas deixando a mercê da sociedade um equipamento com substância radioativa, saltando assim conhecimentos dos cidadãos em todo país, o que não podem mexer onde não deve, assim acontecendo o acidente em goiana no Goiás (OLIVEIRA et al, 2014).

Sempre quando inicia um assunto a um contexto da história, quando a um anúncio da mídia relacionado com radioatividade, principalmente com acidentes com substâncias radioativas, portanto no ensino de ciências deve levar em considerações suas determinações históricas, epistemológica, política e econômica, e isto também deve se tratar de acrescentar ao ensino científico, outros cursos, porém inserindo todos esses aspectos nele (MOREIS, 2015).

Poderemos levar para a sala de aula, não somente tragédias, mas também benefícios que estas substâncias auxiliam os médicos em ajudar a sociedade no combate a doenças, até porque nós recebemos aproximadamente 87% de radiação solar chamada natural (OLIVEIRA et al, 2014).

Esses são pontos relevantes quando se trata de radiação, pois muitos infelizmente não dão importância a este tema, se importa somente com a saúde na pele quando se trata com radiação solar, porém muito não ligam para esse fenômeno.

## 4 METODOLOGIA

Inicialmente foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica sobre o tema radioatividade, numa perspectiva histórica e de suas aplicações e perigo para os seres humanos.

Um questionário de oito questões foi elaborado para posterior aplicação numa turma do ensino médio (Apêndice A).

A escola escolhida foi a Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dom Luiz Gonzaga Fernandes. A turma escolhida para aplicação do questionário tinha 40 alunos do EJA (Educação de Jovens e Adultos), divididos em duas classes (ciclo A e ciclo B).

O questionário elaborado foi aplicado na turma citada e os dados foram analisados posteriormente.

Um vídeo abordando o acidente do Césio 137 na cidade de Goiana, estado de Goiás foi apresentando para todos os 40 estudantes. Em seguida foi realizado um debate com os estudantes e também foi ministrada uma aula complementar sobre o tema radioatividade.

Por fim, os quarenta estudantes responderam questões de uma avaliação proposta pelo professor de química da Escola sobre o tema Radioatividade (apêndice B).

Portanto, a pesquisa realizada é do tipo estudo de caso e tem um aspecto qualitativo, além de se caracterizada como uma pesquisação, já que o autor participou de todas as ações com os estudantes participantes dessa investigação.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A realização dessa pesquisa na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dom Luiz Gonzaga Fernandes foi motivado pelo autor ter estudado do fundamental ao ensino médio neste estabelecimento de ensino. O estágio supervisionado do curso de Licenciatura em Química do autor foi realizada na mesma Escola. Assim, surgiu uma gratidão do autor pela referida Escola e motivou a escolha do equipamento escolar para a realização da pesquisa.

Ao ser autorizado pelo professor de química da escola a realização desta pesquisa, o autor recebeu também a informação que as atividades de investigação seriam realizadas em duas turmas da modalidade Educação de Jovens e Adulto (EJA). Essa possibilidade de se trabalhar com estudantes do EJA resultou numa maior satisfação de realizar a pesquisa, já que os estudantes são na sua maioria são trabalhadores que estudam a noite e quase sempre cansados, precisam de uma motivação maior para que o processo ensino aprendizagem ocorra de forma satisfatória.

A primeira etapa da pesquisa foi a aplicação do primeiro questionário. E a primeira pergunta foi na verdade duas interrogativas: O que é a radiação? Por que ela pode fazer mal à saúde? Ao analisar os resultados, verificou-se que 10% dos 40 estudantes conseguiram responder corretamente as duas questões. O resultado foi insatisfatório, já que os estudantes são do primeiro e segundo ano do ensino médio. Importante destacar que 25 estudantes erraram completamente as questões e 11 estudantes ainda esboçaram uma tentativa de responder, mas não concluíram duas respostas.

A segunda pergunta foi elaborada da seguinte forma: Quais os tipos de radiação mais comuns? Dos 40 estudantes, 25% acertaram, dezenove estudantes erraram e onze iniciaram a resposta, mas não concluíram. Neste caso, a questão poderia ter sido elaborada perguntando quais os tipos de radiação ionizantes e não apenas quais os tipos de radiação. Alguns estudantes, talvez induzidos pela questão mal elaborada, responderam citando infravermelho, ultra violeta, entre outras respostas.

Com objetivo de discutir os perigos das radiações ionizantes, isto é, contaminação pela radioatividade, foi elaborada a seguinte questão: Qual delas é mais prejudicial? Apenas quatro estudantes responderam que seria a radiação gama. Vinte e um estudantes responderam completamente errado e quinze estudantes tentaram esboçar alguma resposta, mas não foram capazes de concluir com uma resposta correta.

Motivado pela história do acidente de Goiânia do Césio 137, foi elaborada a seguinte questão: Na curiosidade você pegaria e levaria para casa uma substância que brilhe no escuro

para mostrar aos seus parentes? Bastava escrever sim ou não e comentar sobre essa pergunta. Trinta e dois estudantes responderam que não levariam para casa uma substância brilhosa. Como o vídeo sobre o acidente de Goiânia não tinha sido apresentando para eles, esse dado de 80% dos estudantes entrevistados não aceitarem levar para casa o desconhecido, deixou claro que apesar de desconherem de forma mais aprofundada o tema radioatividade, os estudantes, na sua grande maioria já possui essa cautela associada ao senso comum.

Na sequência, foi perguntado se uma pessoa que sofreu radiação pode passar essa radiação para outra pessoa? Apenas sete estudantes responderam corretamente, trinta e um estudantes responderam que a pessoa contaminada com radiação ionizante, passariam a contaminar outras pessoas, isto é, passariam a emitir radiação. Dois dos estudantes responderam pela metade, ou seja, estavam tendendo responder corretamente, mas não concluíram suas respostas. Com os resultados apresentados nessa quinta questão, verifica-se a necessidade de se ministrar aulas sobre radioatividade.

A sexta questão do primeiro questionário foi a seguinte: O que é uma contaminação radioativa? Mais uma vez o número de estudantes que acertaram a resposta foi muito baixo. Apenas seis estudantes responderam corretamente. Vinte e cinco estudantes erraram e nove deixaram a resposta incompleta.

A sétima questão é muito similar a terceira questão. As respostas foram também iguais, isto é, quatro estudantes responderam que ao se contaminar com radiação ionizáveis, não há transmissão para outras pessoas e nem para objetos.

Considerando os perigos da contaminação radioativa, foi elaborada a oitava questão da seguinte forma: Que tipos de ações seriam tomadas se houvesse contaminação do meio ambiente? Como seria de esperar, de acordo com as respostas anteriores, apenas um estudante foi capaz de responder de forma correta. Ele respondeu que seria a defesa civil. Já os demais estudantes não conseguiram elaborar uma resposta correta.

Na segunda etapa, os estudantes assistiram um documentário sobre o acidente do Césio 137 no município de Goiânia, estado de Goiás. Foi observado que houve bastante interesse dos estudantes pelo documentário e após a apresentação do vídeo, houve um debate com todos os estudantes e o autor do trabalho, discutindo o tema radioatividade, suas aplicações na medicina, mas também os perigos da radiação ionizante.

A pesquisa foi finalizada com a aplicação de uma atividade avaliativa proposta pelo professor de química responsável pela duas turmas. Essa avaliação está no apêndice B e

consta de um texto do tema radioatividade e questões de verificação de aprendizagem. Essa avaliação foi corrigida pelo autor deste trabalho e os resultados foram muito satisfatório, com um número de acertos de questões cujas notas foram acima da média estipulada pela rede de ensino médio do estado da paraíba.

Percebe-se que o conhecimento radioatividade, pelo menos nas turmas participantes desta pesquisa, ficou demonstrado ser bastante insatisfatório. A radioatividade por ter aplicação indispensável no tratamento de quase todos os tipos de cancer, por ter sua descoberta associada a história da vida de uma das mais conhecidas cientistas do Mundo, além de três prêmios nobel que foram dados, dois a Marie Curie (um prêmio Nobel de física e um prêmio Nobel de química e um prêmio Nobel de física a Becquerel) justificados pelos estudos sobre a descoberta radioatividade, entende-se que os professores de química do ensino médio não devem negligenciar a abordagem deste importante conteúdo em todas as turmas.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos na pesquisa, destacam-se algumas considerações:

- Os estudantes que participaram da pesquisa demonstraram baixo conhecimento no tema radioatividade quando responderam o primeiro questionário.
- Após a apresentação do vídeo sobre o acidente do Césio 137 o interesse dos estudantes sobre tema radioatividade aumentou consideravelmente.
- Depois da aplicação de uma atividade avaliativa sobre o tema radioatividade foi observado um resultado muito satisfatório, demonstrando que se houver um fato motivador, qualquer conteúdo poderá ser ensinado de forma proveitosa.
- A história da ciência tem uma importância considerável para o sucesso do processo ensino aprendizagem. Esse trabalho destaca a brilhante história da cientista Marie Curie, suas pesquisas e os seus resultados impactantes na Sociedade.



## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Elaine Bortoleti de, **O tecnécio no diagnóstico de patologias**, Cadernos Temáticos De Química Nova Na Escola, N° 6 – Julho 2005.

CALIL, Dr. Marcelo A, **Radioterapia**, Instituto Brasileiro de Controle do Câncer, Mooca, São Paulo, Disponível em: <http://www.ibcc.org.br/localizacao/index.asp>, Acesso em: 27 de Dezembro 2017.

CHEMELLO, E. Césio 137, **A tragédia radioativa do Brasil**, Acidentes Explicados pela Ciência, p. 1-3, 2010. Disponível em: <http://www.quimica.net/emiliano/artigos/2010agosto-cesio137.pdf>, Acesso em: 6 de Dezembro 2017.

CHASSOT, Attico, **Raios X e Radioatividade**, Química Nova Na Escola, N° 2, Novembro 1995.

FOUREZ, Gérard, LECOMPTE, Véronique Englebert-, GROOTAERS, Dominique, TILMAN, Francis, MATHY, Philippe, **Alfabetización Científica y Tecnológica**, Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias, 1°. Ed. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=\\_t4hCUOYG7gC&oi=fnd&pg=PA3&dq=FOUREZ%20et%20al.%2C%201997#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=_t4hCUOYG7gC&oi=fnd&pg=PA3&dq=FOUREZ%20et%20al.%2C%201997#v=onepage&q&f=false), Acesso em: 27 de Março 2018.

GIL PÉREZ, Daniel, CACHAPUZ, Antonio Carrelhas, CARVALHO, Anna Maria, VILCHES, Amparo, **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**, 2005, Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/291833015\\_A\\_Necessaria\\_Renovacao\\_do\\_Ensi\\_no\\_das\\_Ciencias](https://www.researchgate.net/publication/291833015_A_Necessaria_Renovacao_do_Ensi_no_das_Ciencias), Acesso em: 27 de Março 2018.

LIMA, R. da S. L.; PIMENTEL, L.C. F.; AFONSO, J.C. **O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX**. In: Revista Química nova na escola, v.33, n.2, 2011.

MOREIS, Carolina S. de, **A Radioatividade e O Ensino De Química: Um Tema para Debate**, XVI Semana da Educação VI Simpósio de Pesquisa e Pós-graduação em Educação, Disponível em: <http://www.uel.br/eventos/semanaeducacao/pages/arquivos/ANAIS/RESUMO/SABERES%20E%20PRATICAS/A%20RADIOATIVIDADE%20E%20O%20ENSINO%20DE%20QUIMICA%20EM%20TEMA%20PARA%20DEBATE.pdf>, Acesso em: 27 de Dezembro 2017.

MONTEIRO, Alexandra Sofia Coelho, **Recursos Geológicos e Saúde Humana: O uso do Cobalto na Radioterapia**, Faculdade de Ciências Universidade do Porto, Departamento do Biologia e Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território/Unidade de Ensino das Ciências, 2016. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/84317/2/137330.pdf>, Acesso em: 27 de Dezembro 2017.

MOURA, António, **Geologia Económica dos Metais Básicos e dos Metais Ferrosos**, editora Palimage, Coimbra, 2016.

Ministerio Da Educacao Secretaria De Educaca Basica, **Orientacoes Curriculares Para O Ensino Medio**, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Brasília, 2006, disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf), Acesso em: 18 de Novembro 2017.

MILARÉ, T, RIHETTI, G. P, FILHO, J. de P. A, **Alfabetização Científica no Ensino de Química**, Uma Análise dos Temas da Seção Química e Sociedade da Revista, In: Química Nova na Escola, v. 31, n. 3; p. 165-171, 2009.

OLIVEIRA, Carolyne Faria de, Dijkstra, Elaine Andressa, SAUER, Elenise, NEVES, Marcos César Danhoni, SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto, **Sequência Didática: Radioatividade No Ensino De Química Com Enfoque Cts**, IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 27 a 29 de Novembro, 2014. disponível em: <file:///C:/Users/Giovanni/Downloads/01409519848.pdf>, Acesso em: 7 de Dezembro de 2017.

PEDROLO, Caroline, **Radioatividade**, Centro Universitário Franciscano, UNIFRA, 2014, disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/radioatividade/> , Acesso em: 18 de Novembro 2017.

STRATHERN, Paul, **Curie e a Radioatividade em 90 Minutos**, Jorge Zahar Editor Ltda, Rio de Janeiro, RJ, 2000.

FARIAS, Robson Fernandes de, **A química do tempo**, Química Nova Na Escola, N° 16, NOVEMBRO 2002.

FARIAS, Robson Fernandes de, **As mulheres e o Prêmio Nobel de Química** ,Química Nova Na Escola, n° 14, Novembro 2001.

REIS, Ivoni Freitas-, DEROSI, Ingrid Nunes, **O Ensino de Ciências por Marie Curie**, Química nova escola, vol. 36, n° 2, p. 88-92, maio 2014, São Paulo-SP, BR.

SASSERON, Lúcia Helena, CARVALHO, Anna Maria Pessoa de, **Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica**, Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo, 2011, disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/844768/mod\\_resource/content/1/SASSERON\\_CARVALHO\\_AC\\_uma\\_revis%C3%A3o\\_bibliogr%C3%A1fica.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/844768/mod_resource/content/1/SASSERON_CARVALHO_AC_uma_revis%C3%A3o_bibliogr%C3%A1fica.pdf), Acesso em: 23 de Março 2018.

## APÊNDICES A

### Questionário aplicado na sala de aula

- 1). O que é a radiação? Por que ela pode fazer mal à saúde?
  
- 2). Quais os tipos de radiação mais comuns?
  
- 3). Qual delas é mais prejudicial?
  
- 4). Na curiosidade você pegaria e levaria para casa uma substância que brilhe no escuro para mostrar aos seus parentes?  
( ) sim    ou    ( ) não
  
- 5). Uma pessoa que sofreu radiação pode passar essa radiação para outra pessoa?  
( ) sim    ou    ( ) não
  
- 6). O que é uma contaminação radioativa?
  
- 7). A contaminação radioativa é transferível entre pessoas e objetos?
  
- .8). Que tipo de ações seriam tomadas se houvesse contaminação do meio ambiente?

## APÊNDICES B

### Questionário para uso em sala de aula pesquisado

E.E. de Ensino Fundamental e Médio Dom Luiz Gonzaga.

Campina Grande-PB.

Alunos (as) \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_.

A **radioatividade** é um termo químico que causa muita desconfiança e pavor em muitas pessoas, isso se deve ao que ela ocasionou em certas situações como por exemplo os diversos acidentes nucleares, sendo o mais conhecido o de Chernobyl. Porém, este não é um fenômeno ruim, também pelo fato de suas diversas aplicações em nosso dia a dia que possibilitaram entre outras coisas o avanço de tratamentos como o da radioterapia. Um elemento químico radioativo é aquele que é capaz de emitir radiações fortes a ponto de por exemplo produzir a fluorescência. O fenômeno de emissão ocorre quando o átomo se encontra com excesso de partículas e/ou cargas precisando assim liberar energia na forma de radiação para se estabilizar. A radioatividade pode ser espontânea ou induzida, a primeira é um processo natural e que ocorre em elementos e seus isótopos encontrados naturalmente, já o segundo caso se trata de um processo artificial provocado por transformações nucleares, geralmente em reatores. As partículas emitidas por um elemento radioativo podem ser de três tipos: **Alfa** ( $\alpha$ ), **Beta** ( $\beta$ ) e **Gama** ( $\gamma$ ).

**Partícula alfa:** são partículas positivas constituídas por dois prótons e dois nêutrons; não possui um alto poder de penetração. Esta partícula pode ser também chamada de núcleo de Hélio (He) por ter a mesma quantidade de prótons e nêutrons deste gás nobre.

- **Partícula beta:** são partículas negativas constituídas por um elétron. Quando há excesso de carga negativa é liberada uma partícula beta negativa e quando há excesso de cargas positivas é liberado um pósitron ou partícula beta positiva. Seu poder penetrante é maior que o da alfa e menor que o da gama.
- **Partícula gama:** é emitida quando mesmo após a emissão das alfa e beta ainda existam cargas a serem estabilizadas no núcleo atômico, sendo esse excesso liberado em forma de ondas eletromagnéticas. Este tipo de partícula pode atingir as nossas células sendo utilizada para esterilização de equipamentos médicos por exemplo. Sua capacidade de penetração é, portanto, maior do que todas as outras formas de

partículas. Esta radiação é de natureza eletromagnética e portanto, não precisa de um meio material para se propagar. Alguns tratamentos para o câncer como a tele terapia utilizam este tipo de radiação e tem como efeito a diminuição da replicação das células malignas.

- **Descoberta da radioatividade**

- A radioatividade teve seu início como fato científico quando Henry Becquerel em 1896 depositou um sal de Urânio sobre uma lâmina fotográfica e após certo tempo notou que o mesmo havia deixado a marca das suas radiações emitidas nesta chapa. A partir disso, esse fenômeno causou curiosidade em diversos cientistas entre eles Marie Curie e Pierre Curie, um casal de químicos que trabalhava nos laboratórios de Becquerel. Em 1898, Marie Curie descobriu um elemento muito mais radioativo que o Urânio e o nomeou de acordo com seu país natal, era o Polônio. Após isso foi descoberto pelo casal Curie outro elemento ainda mais radioativo e então o chamaram de Rádio.
- Em seguida, Ernest Rutherford descobriu as radiações alfa e beta o que contribuiu para a explicação do seu modelo atômico (conhecido como planetário) e também para os avanços nos estudos dos compostos radioativos. Em 1939 Enrico Fermi constatou que nêutrons liberados na desintegração de Urânio-235 incidiam em átomos vizinhos ocasionando desintegrações sucessivas, desta forma seriam possíveis reações em cadeia possibilitando assim a produção em grande escala da energia nuclear.
- Em 1942 foi construído nos EUA o primeiro reator de Urânio-235 que foi utilizado também para a construção das bombas atômicas que atingiram primeiro Hiroshima e depois Nagasaki causando milhares de mortes. Após isso diversos outros acidentes foram ocasionados como o de Chernobyl e o do césio-137 em Goiânia.
- Fonte do texto (<https://www.infoescola.com/quimica/radioatividade/>)
  - 1)O que é um elemento radioativo?
  - 2)O que a radiação pode ser? Explique.
  - 3)Qual são os tipos radiação?
  - 4)Defina a Partícula Alfa:
  - 5) Defina a Partícula Beta:
  - 6) Defina a Partícula Gama:
  - 7) Marie Curie descobriu que elementos? Explique:
  - 8) Ernest Rutherford descobriu que radiações? Explique:

## APÊNDICES C

Gráfico Geral de acertos do questionário 1:

Acertos							
1ª questão	2ª questão	3ª questão	4ª questão	5ª questão	6ª questão	7ª questão	8ª questão
10%	25%	10%	80%	17,5%	15%	17,5%	2,5%

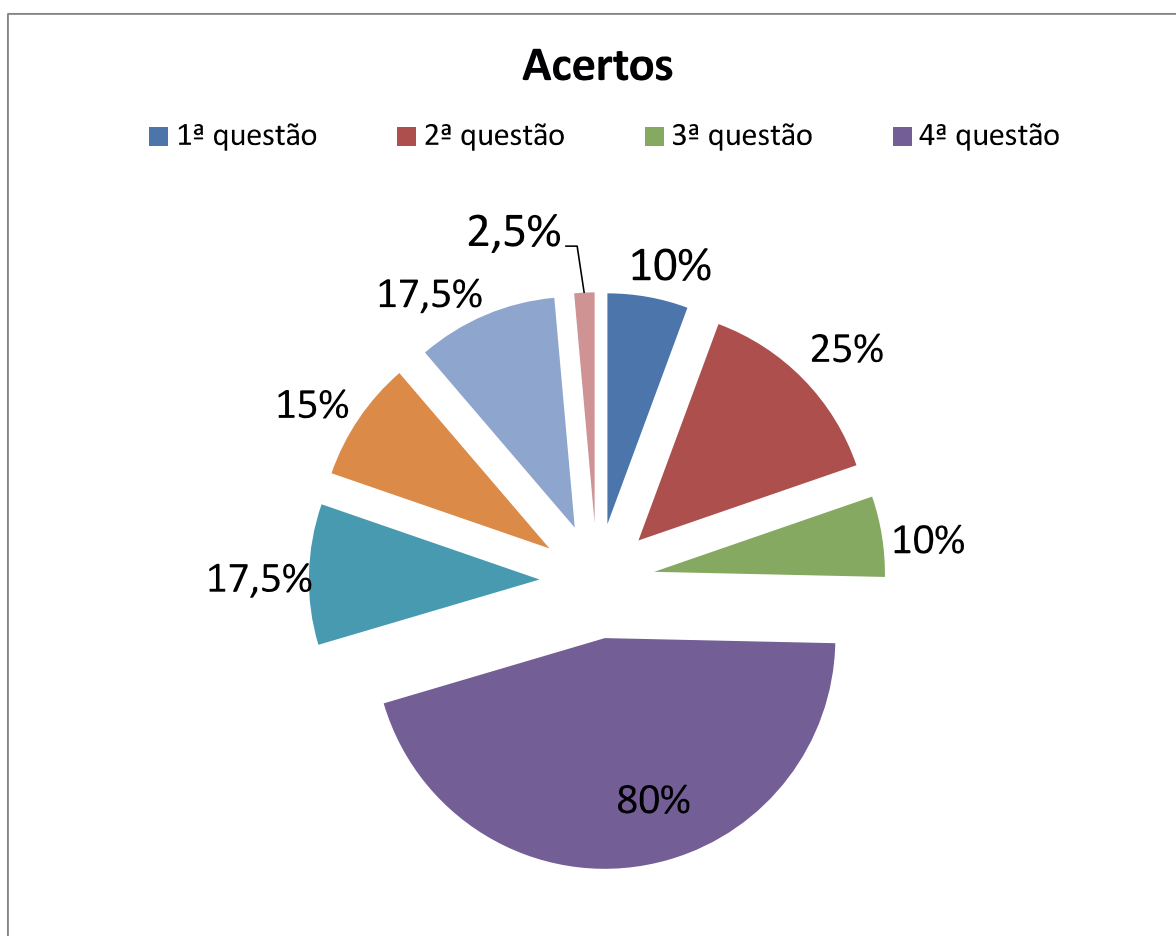


Figura 3: Resultados dos Questionários.

## ANEXOS A

### Caminho do radiofármaco

A partir do urânio chega-se ao gerador de tecnécio

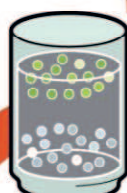
1

Urânio já processado é irradiado com feixes de nêutrons por uma semana em um reator nuclear

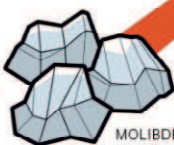


2

Processo químico que resulta na separação do molibdênio do urânio

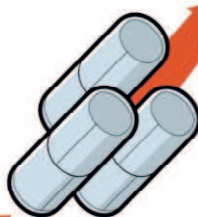


URÂNIO-235



MOLIBDÊNIO-99

3  
Solução de molibdênio-99 com alta pureza



4

Na forma de cápsulas eles são enviados à radiofarmácia

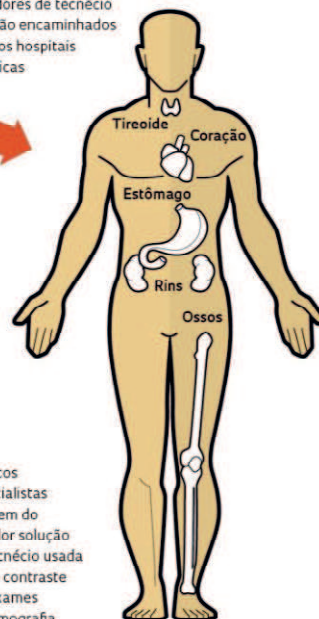


5

Na radiofarmácia as cápsulas de molibdênio são depositadas nos geradores de tecnécio que são encaminhados para os hospitais e clínicas

6

Médicos especialistas extraem do gerador solução de tecnécio usada como contraste em exames de tomografia



FONTE: CNEN  
ILUSTRAÇÃO: ALEXANDRE AFFONSO

Figura 4: Fonte: Revista Pesquisa Fapesp, Edição 221, Julho de 2014.



## ANEXO B



Figura 5: Imagem das sepulturas com concreto que guarda os caixões feitos de chumbo com quatro vítimas fatais do acidente com Césio 137, goiana-GO Brasil (CHEMELLO, 2010).