

DENISE SOUZA DE OLIVEIRA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE  
RADIOATIVIDADE NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

DENISE SOUZA DE OLIVEIRA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE  
RADIOATIVIDADE NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Uberlândia, como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
graduado em Química Licenciatura.

Orientador: Deividi Márcio Marques

DENISE SOUZA DE OLIVEIRA

## **UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Uberlândia, como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
graduado em Química Licenciatura.

### **BANCA EXAMINADORA**

Deividi Márcio Marques

---

Prof. Titulação Nome

Fábio Augusto do Amaral

---

Prof. Titulação Nome

Rafael Martins do Amaral

---

Prof. Titulação Nome

Uberlândia, 06 de fevereiro de 2023.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>05</b>
<b>2</b>	<b>TEMA GERADOR PARA O ENSINO</b>	<b>08</b>
<b>3</b>	<b>A ESCOLHA DO TEMA DE PESQUISA: O ENSINO DA RADIOATIVIDADE NA EDUCAÇÃO BÁSICA</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>O ACIDENTE DE GOIÂNIA</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>PROPOSTA DE ENSINO DE RADIOATIVIDADE TENDO COMO TEMA GERADOR O ACIDENTE DE GOIÂNIA</b>	<b>25</b>
<b>6.1</b>	<b> Materiais e Métodos</b>	<b>26</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### **O ensino de Radioatividade na Educação Básica**

A educação passou por diversas reformas desde a sua existência. Recentemente, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) nº 13.415/2017, houve mudanças no ensino brasileiro. O ensino básico no Brasil se divide em fases, cada uma com os seus objetivos: educação infantil, ensino fundamental e ensino médio. A escola é a entrada principal para o desenvolvimento pessoal e coletivo de milhares de crianças e, sua inserção, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996, deveria ocorrer a partir dos 6 anos de idade. Em 2013 houve uma alteração na LDB através da Lei nº 12.796, de 4 de abril de 2013, de acordo com o Ministério da Educação, antecipando a entrada das crianças na escola com 4 anos de idade.

A educação básica tem por finalidade, segundo o artigo 22, da Lei nº9.394 de 20 de dezembro 1996 (LDB), “desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento elaborado para nortear educadores e instituições de ensino sobre os conhecimentos considerados essenciais e indispensáveis ao desenvolvimento das crianças e jovens. A BNCC propõe estratégias, conceitos e situações que devem ser trabalhadas em cada fase da educação básica.

O tema radioatividade é parte integrante dos currículos do Ensino Médio; é um tema atual, sendo que já havia tal indicação pelos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN e nas Orientações Curriculares Nacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio PCN+, para a elaboração de práticas pedagógicas que possibilitem o desenvolvimento de competências diversas, como representação e comunicação, investigação e compreensão, contextualização sociocultural. (GOMBRADE, 2018).

Gombrade (2018) cita que radioatividade e as diferentes formas de radiação estão entre os conceitos do conhecimento científico poucos conhecidos ou considerados complicados. As opiniões a respeito deles são apresentadas sem um embasamento científico adequado e facilmente há avaliações errôneas sobre o tema, tendo essa desinformação raiz na formação básica. Durante a educação básica

conceitos como radioatividade raramente são apresentados e quando isso ocorre, na maioria das vezes, cabe às disciplinas de Química e Física.

Os processos radioativos são um tema social que tem alcançado relevante importância com a crescente demanda energética mundial, com o avanço da medicina nuclear, da indústria alimentícia, da arqueologia, da geologia, da eletrônica, dentre outros.

Santos (2017) nos adiciona que, no entanto, infelizmente, apesar do tema radioatividade ser muito presente no nosso cotidiano, é possível observar que este tem sua importância negligenciada nas escolas da rede pública, mesmo estando presente nas Orientações Curriculares oficiais, seja por falta de tempo para cumprir com o Currículo Mínimo proposta para a rede, seja pelas condições de trabalho ou pelo despreparo dos professores. Muitas vezes, quando o tema é finalmente abordado, é feito de forma superficial, deixando-se de lado a importância da radioatividade para a sociedade, sua aplicabilidade, e os perigos inerentes ao seu uso inconsciente e irresponsável para a saúde da população e do meio ambiente.

De acordo com as Diretrizes Curriculares da Educação Básica Química do Estado do Paraná (2008, p.56), por exemplo, “é preciso superar a mera transmissão de conteúdos realizada ano após ano com base na disposição sequencial do livro didático tradicional”.

Conforme o próprio documento citado anteriormente, DCE do Paraná (2008, p.75), os conteúdos sobre radioatividade e as reações nucleares que devem estar presentes no currículo de Química, estão correlacionados com diferentes pré-requisitos como:

“(…) os modelos atômicos, os elementos químicos que compõe a natureza, incluindo a tabela periódica, bem como as reações químicas, as velocidades de reações, as emissões radioativas, as leis da radioatividade, a cinética das reações químicas e os fenômenos relacionados à radioatividade”.

Já no currículo de referência de Minas Gerais (2022), o componente curricular de Química tem um papel fundamental na formação integral dos estudantes, pois se reflete diretamente no seu cotidiano e, sobretudo, a forma como dialoga com os demais componentes da área de forma interdisciplinar, como a Física e a História no estudo de “modelos atômicos, que perpassa pelo contexto histórico quando aborda as

propriedades do raios-X e as emissões radioativas, assim como a descoberta das partículas subatômicas e da eletricidade”.

No mesmo documento, Currículo de Referência de Minas Gerais (2022, p. 187) correlacionam a radiação com diferentes requisitos como: “(...) estrutura do átomo; Diferença de fissão e fusão; elementos radioativos - tabela periódica; radiações ionizantes e não ionizantes; equipamentos de produção e emissão de radiação e suas implicações; história da radioatividade”.

Podemos observar que apesar da diferença de anos das publicações dos dois Estados, Paraná e Minas Gerais, a radioatividade não se deixa de ser um tópico de referência para ser ministrada no Ensino Básico. Embora exista a importância de se abordar os conceitos políticos, econômicos e sociais do tema radioatividade, são necessários contextualizá-los com o cotidiano do aluno e fazê-lo entender a necessidade da compreensão deste tema.

O ensino deve então permitir que o aluno possa posicionar-se criticamente diante das decisões político-sociais que incluam grandes impactos econômicos e ambientais como, por exemplo, a construção de usinas nucleares em seu país. O ensino de energia nuclear também se faz presente para explicar os fenômenos naturais que nos cercam que incluem a origem do universo, na ótica científica, a evolução do próprio universo e da energia natural, originada do Sol que sustenta diversos processos no planeta, incluindo a própria vida. (PIRES, MESSEDER, 2017).

No entanto, esta discussão está voltada para o ensino da Física, como é possível verificar no seguinte trecho:

“É preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. (...) Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução.” (BRASIL, 2000, p23).

É ainda no ensino de física que o documento aborda o impacto do conhecimento da energia nuclear sobre o avanço da medicina, a construção das bombas atômicas e da participação da ciência na segunda guerra mundial.

“(...) lembrar a necessidade de se avaliar as relações de risco/benefício de uma dada técnica de diagnóstico médico, as implicações de um

acidente envolvendo radiações ionizantes, as opções para o uso de diferentes formas de energia, as escolhas de procedimentos que envolvam menor impacto ambiental sobre o efeito estufa ou a camada de ozônio, assim como a discussão sobre a participação de físicos na fabricação de bombas atômicas” (BRASIL, 2000, p.28).

Já nas diretrizes curriculares da Educação Básica de Química (2008), evidencia-se a preocupação com a radiação e os aspectos negativos do seu uso. “é possível explorar aspectos ligados a desintegração nuclear, aos efeitos e propriedades das emissões radioativas, aos danos intracelulares causados pela exposição à radiação, aos processos de fissão nuclear e de transmutação de metais”.

Estudos de radioatividade possibilitaram avanços significativos especialmente na área da medicina promovendo grande desenvolvimento científico e econômico. Neste cenário, uma das aplicações que ganha grande destaque é dada pelo uso da energia nuclear como combustível para o funcionamento de usinas. Nesse cenário, o conteúdo de radioatividade ganha destaque especial, não só pelo seu caráter econômico mais sim, em um âmbito mais geral, por estabelecer uma visão crítica e reflexiva, por possibilitar a compreensão dos processos químicos relacionando as discussões com os perigos relacionados com acidentes e seus impactos ambientais.

Conforme explicitado por Gasparin (2012) e por Bernadelli (2004), devem ser criadas condições de estudo que sejam favoráveis ao aluno e agradáveis ao ensino-aprendizagem. Toda a temática deve ser vinculada a um conteúdo não abstrato e sem a necessidade de memorização de conceitos, tornando o assunto mais interessante. Com isso entendemos a relevância da reflexão como esse assunto tem sido abordado e tão quão é importante a abordagem para uma construção de um transmissor e receptor desses conhecimentos em sala de aula no cotidiano.

Neste sentido, este Trabalho de Conclusão de Curso tem como proposta e objetivo em elaborar uma proposta do ensino de conceitos e conteúdos inerentes sobre radioatividade tendo o acidente radioativo de Goiânia como tema gerador, pois entendemos pela literatura a dificuldade em relacionar fatos do cotidiano com os conceitos científicos.

## 2. TEMA GERADOR PARA O ENSINO

Iniciamos este capítulo com a compreensão que “temas geradores são temas



que proporcionam a geração de outros temas relacionados entre si, e que tecem as relações entre um indivíduo ou grupo de indivíduos com o mundo e o mundo com indivíduos” (PESSANO, 2012, p. 24). Cada vez mais se faz necessário a incorporação desta estratégia a fim de facilitar o entendimento dos conteúdos químicos. Não basta apenas inserir fórmulas e conceitos complicados para compreensão, pois as aulas de Química podem se tornar mais dinâmicas e atrativas aos alunos através da inserção de um tema gerador. (BARRETO, 2016)

Boa parte do ensino de Química que é visto hoje está relacionado, ainda, ao ensino tradicional. Nele, o professor acaba muitas vezes por não estimular os alunos a correlacionarem o conteúdo aprendido em Química com os sistemas materiais conhecidos, experimentados ou vividos no seu cotidiano, incentivando estratégias de estudo que raramente permitem construir um conhecimento científico aceitável. Todo esse ensino formal define, então, a aprendizagem como um processo cumulativo de informações, e o êxito nesse sentido é mediante a sua capacidade de memorização, ou seja, de reprodução das informações adquiridas.

Um tema que possa aproximar o cotidiano dos alunos aos conceitos químicos irá tornar a aula mais atrativa e a explicação mais acessível, e ao lecionar o conteúdo de radioatividade o docente verá uma resistência do aluno em absorver o que for ministrado, sendo assim trazer assuntos como telefone, micro-ondas, televisão ou somente o lixo radioativo, terá uma interação maior entre professor e aluno facilitando o estudo.

A incorporação de temas para introduzir os conteúdos químicos se mostra um bom caminho a fim de relacionar os conceitos com o cotidiano. O tema gerador abrange diversos assuntos e problemas vividos pela comunidade ao redor (BARRETO, 2016). A Radiação é um tema gerador que está bastante presente na nossa sociedade, sendo exemplos de suas aplicações medicina, como a radioterapia, raios-X, até mesmo na construção de bombas atômicas.

O ensino de Química não deve ser feito apenas com aulas expositivas, que promovem a passividade e o isolamento dos estudantes, sendo uma forma de ensino-aprendizagem muito limitada. O papel do aluno não deve ser passivo, mas sim, o principal responsável pela sua própria aprendizagem. Fazer questionamentos tanto orais como em escrito é um caminho que irá trazer o discente para o seu dia a dia, fazendo com que a aula se torne mais prazerosa, mostrando onde está a dificuldade

que o professor terá que expandir o conhecimento ou onde poderá melhorar a falha do conhecimento do discente.

No caso dos conceitos e conteúdos sobre radioatividade, perguntas como, (i. Você já ouviu falar sobre radiações? Onde? li. Como você definiria o termo radiação? lii. Radiações causa benefícios ou malefícios? Quais? iv. Hoje, ou em algum dia de sua vida, você já ficou exposto à algum tipo de radiação? Qual(is)? v. Quais são os tipos de radiação que você já ouviu falar? Cite-os.), avaliará os conhecimentos dos alunos sobre a presença e importância das radiações no cotidiano dos mesmos (JUNIOR, 2008). Eles devem estar envolvidos ativamente na construção de significados, confrontando seu conhecimento anterior com novas situações, promovendo uma articulação com o novo e com o que já sabe, mobilizando seus saberes e das próprias estratégias de aprendizagem.

Santos (2015) relata que os temas geradores, quando utilizados como metodologia pedagógica em sala de aula, fazem com que o educador perceba, de certa forma, o universo em que está inserido o educando. Neste contexto, com o devido planejamento, surgem os temas geradores para interessar os educandos e envolvê-los na metodologia e possibilitar maior aprendizagem. Defendemos que a pessoa do educador dá lugar a uma que vai construir uma relação baseada no diálogo, entre o educando e seu universo.

Neste sentido, o conhecimento é dialógico (não é só histórico, epistemológico e lógico). Realizar tais atividades demanda também, que o desenvolvedor, ou seja, o professor tenha clareza dos conteúdos que necessita e/ou deseja transmitir aos seus alunos. É importante que, antes que tente transpor um conteúdo, ele tenha domínio do que será abordado. No caso da radioatividade, se faz necessário esclarecer alguns tópicos de extrema importância, que possam facilitar seu aprendizado e, ao desenvolver sua aula, transpor os conteúdos de forma mais completa e menos superficial.

Na perspectiva de Oliveira (2013), o “Tema Gerador” possibilita ao educando a oportunidade de construir de forma mais significativa sua própria concepção de mundo científico e cultural, colaborando assim para a formação de cidadãos conscientes e informados a respeito do mundo que os cerca.

Segundo Freire (2011), o processo de escolha de problemas ou temas geradores, como mecanismos que possibilitam a aprendizagem, é fruto de uma mediação entre as responsabilidades dos educadores e os interesses dos educandos.

No ensino de Química, problemas como dificuldade de aprendizagem e não compreensão dos conceitos químicos, entre outros, podem emergir da ausência de contextualização dos conteúdos abordados, fato este que limita os educandos apenas à condição de memorizar conceitos.

Coelho (2013) considera que por meio da interação de múltiplas vozes que se manifesta no plano social, o sujeito internaliza novas ideias em um processo de construção de significados, ou seja, para este autor, a construção de significados é favorecida quando as explicações científicas têm relação com o contexto do estudante e a linguagem é usada como mediadora.

### 3. A ESCOLHA DO TEMA DE PESQUISA: O ENSINO DA RADIOATIVIDADE NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Na minha experiência na graduação e em formação inicial, tive a oportunidade de escolher o componente curricular Radioquímica como uma opção para a grade curricular. Fomos dos conteúdos mais básicos até os acidentes nucleares que já aconteceram no mundo, estes sempre me despertando grande interesse. Nos momentos em que era necessário planejar e propor estratégias didáticas nos componentes curriculares práticos (entende-se como estágio supervisionado e metodologias para o ensino de química) em sala de aula, sempre era discutido a dificuldade de inclusão da radioatividade por parte do professor, e a resistência dos discentes em ter concentração nesse assunto. Radioatividade faz parte dos currículos do ensino médio e superior de Química, além de ser um tema atual, ainda pouco explorado, sendo recomendado nas orientações curriculares oficiais (BRASIL, 2002; 2006).

O estudo da radioatividade envolve a compreensão das transformações nucleares dando origem a fenômenos radioativos, sendo importante que o cidadão comum reconheça sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos o conhecimento da natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares, sendo possível explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina e avaliação dos efeitos biológicos e ambientais, assim como medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes (BRASIL, 2006, p. 78).

Nakiboglu e Tekin (2006) comentam que a Física e a Química Nuclear podem ser vistas como uma Ciência Nuclear e que os estudos advindos dessa Ciência contribuíram significativamente para o entendimento da natureza da matéria e conseqüentemente trouxe benefícios para medicina, eletrônica, geologia, arqueologia e indústria. Em contraposição a isso, eles inferem que muito pouco da Química nuclear é abordada em sala de aula, em particular, no ensino médio.

Entendemos que as questões que dizem respeito à radioatividade devem ser debatidas entre os estudantes, com o intuito de formar cidadãos capazes de fazer opções e de tomar decisões, tanto nas questões que envolvem riscos para as pessoas ou para o meio ambiente, quanto naquelas que envolvem benefícios. A motivação para a escolha do tema surgiu após a apresentação dos trabalhos de acidentes nucleares, em específico, Acidente Radiológico na Cidade de Goiânia, onde compõe de uma história que amarra a atenção de todas as pessoas e dali fazer uma proposta de plano de ensino promovendo o ensino-aprendizagem da radioatividade na educação básica e que levasse em consideração as relações entre Ciência, tecnologia e suas implicações na sociedade.

#### 4. O ACIDENTE DE GOIÂNIA

O Governo do Estado de Goiás (2007), informa que em setembro de 1987 aconteceu o acidente com o Césio-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) em Goiânia, capital do Estado de Goiás, Brasil. O manuseio indevido de um aparelho de radioterapia abandonado onde funcionava o Instituto Goiano de Radioterapia, gerou um acidente que envolveu direta e indiretamente centenas de pessoas. A fonte, com radioatividade de 50.9 TBq (1375 Ci)<sup>1</sup> continha cloreto de césio (CsCl), composto químico de alta solubilidade. O  $^{137}\text{Cs}$ , isótopo radioativo artificial do Césio tem comportamento, no ambiente, semelhante ao do potássio e outros metais alcalinos, podendo ser concentrado em animais e plantas. Segundo Cruz (1987) seu tempo de meia vida são de 30 anos, ou seja, uma

---

<sup>1</sup> 1 Terabecquerel [TBq] = 27,027 027 027 027 Curie [Ci], sendo assim 50.9 TBq corresponde à 1375,675 675 675 7 Curie [Ci].

TBq é um múltiplo decimal da unidade de atividade de radiação derivada do Sistema Internacional (SI).

quantidade de 100 gramas deste composto, por exemplo, após um período de três décadas, metade (50 gramas) ainda serão radioativas; após 60 anos, 25 gramas, e assim sucessivamente. O Césio-137 emite radiações que, em contato direto com o ser humano, podem ocasionar graves consequências; entretanto, se for interpostas algumas barreiras, suas radiações perdem grande parte de suas intensidades. Geralmente, o chumbo é utilizado para barrar sua radiação e faz-se necessário ressaltar que o invólucro de chumbo do aparelho do acidente em Goiânia foi violado e, conseqüentemente, causando a tragédia.

No dia 13 de setembro de 1987, dois catadores de papel (Roberto Alves e Wagner Pereira) pegaram grande parte do equipamento de radioterapia, com o objetivo de vender como sucata para algum ferro-velho. Logo em seguida (no quintal da casa de um deles) desmontaram o aparelho e com auxílio de uma marreta acabaram por violar o invólucro de chumbo que envolvia a fonte radioativa. Neste mesmo dia, ambos sentiram muito mal com vômitos e diarreias (VIEIRA, 2013).

Figura 1: Equipamento de radiologia onde foi encontrada a cápsula do Césio-137



Fonte: Portal de notícias da Globo de Goiás (2017)

Disponível em: <https://g1.globo.com/goias/noticia/cesio-30-anos-serie-do-g1-goias-reconta-o-maior-acidente-radiologico-do-mundo.ghtml>

De acordo com O Governo do Estado de Goiás (2007), com a violação do equipamento, foram espalhados no meio ambiente vários fragmentos contaminados com  $^{137}\text{Cs}$ , na forma de pó azul brilhante, provocando a contaminação de diversos locais, especificamente naqueles onde houve manipulação do material e para onde foram levadas as várias partes do aparelho de radioterapia. Por conter chumbo, material de valor comercial, a fonte foi vendida para um depósito de ferro-velho, cujo

dono era Devair Alves Ferreira que, ao perceber o brilho do azul intenso, a repassou a outros dois depósitos, além de distribuir os fragmentos do material radioativo a parentes e amigos que, por sua vez, os levaram para suas casas.

Figura 2- Instalações da clínica de onde foi retirada a cápsula de césio-137, em Goiânia



Fonte: Portal de notícias da Globo de Goiás (2017)

Disponível em: <https://g1.globo.com/goias/noticia/cesio-30-anos-serie-do-g1-goias-reconta-o-maior-acidente-radiologico-do-mundo.ghtml>

De acordo com Okuno (1988), Ivo Alves Ferreira (irmão de Devair), também se encantou com a beleza do brilho azul e com isso toda sua família também entrou em contato com a tal pedra/pó azul, inclusive sua filha Leide das Neves, que ingeriu um pouco deste material, enquanto comia um pedaço de pão a menina manuseou o césio-137, dessa forma se contaminou interna e externamente.

As pessoas que tiveram contato com o material radioativo – contato direto na pele (contaminação externa), inalação, ingestão, absorção por penetração através de lesões da pele (contaminação interna) e irradiação apresentaram, desde os primeiros dias, náuseas, vômitos, diarreia, tonturas e lesões do tipo queimadura na pele. Algumas delas buscaram assistência médica em hospitais locais, até que Maria Gabriela Ferreira, a esposa de Devair, o dono do depósito de ferro-velho, suspeitando que aquele material tivesse relação com o mal-estar que abateu sobre ela e sua família, no dia 28 de setembro levou a peça de ônibus para a Divisão de Vigilância Sanitária da Secretaria Estadual de Saúde (GOVERNO ESTADO DE GOIAS, 2007). O saco foi deixado sobre uma mesa até o dia seguinte quando foi levado para o pátio e deixado sobre uma cadeira. Neste dia, havia 81 pessoas trabalhando no local, elas ficaram curiosas e ao ver a pedra também foram contaminadas.

Figura 3: A peça contendo céσιο-137 deixada sobre uma cadeira no pátio da Vigilância Sanitária.



Fonte: Blog Transparência Nuclear (2012)

Disponível em: <http://transparencianuclear.blogspot.com/2012/02/cronologia-dos-fatos-os-caminhos-do.html>

Somente após alguns dias a Diretoria da Vigilância Sanitária conseguiu contratar um físico capacitado para avaliar a cápsula, o físico Walter ficou incumbido pela análise da mesma, porém antes de se direcionar para o prédio da Vigilância Sanitária, Walter solicitou a empresa Nuclebras que lhe emprestasse um medidor Gieger, ao se aproximar do prédio o físico ficou surpreso pelo disparo do alarme do aparelho acusando um nível extremamente alto de radiação, contudo duvidou de tal resultado e supôs que o aparelho medidor estava completamente desregulado, resolveu então voltar para a empresa e substituir o aparelho que supostamente estava com defeito (ROCHA, 2008).

O veterinário Paulo acionou o corpo de bombeiros para examinar os possíveis riscos daquele objeto. Os militares Agildo, Adão e Miraldo atendendo ao chamado foram em direção ao pátio e se aproximaram do embrulho, fizeram todas as análises, no entanto, não constataram nada de concreto. De imediato, Miraldo - superior em patente, decidiu que a melhor solução para abrandar as suspeitas em torno da cápsula seria jogá-la no Rio Meia-Ponte. No momento em que os militares se aproximaram da peça, obedecendo à ordem de Miraldo, foram surpreendidos pelo físico que já estava com o resultado alarmante sobre o objeto que deixará de ser misterioso; afinal se tratava de uma cápsula contendo material radioativo (VIEIRA, 2013).

Entretanto, de acordo com Evangelista (2013), as partículas radioativas instáveis do Césio-137 já estavam por toda parte, fazendo inúmeras vítimas. O físico então entrou em contato com a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) para

informar sobre o vazamento radioativo e imediatamente foram procurar Maria Gabriela, pois ela que havia levado a peça até a Vigilância Sanitária: era preciso refazer a caminho percorrido pela cápsula para descobrir a extensão da contaminação radioativa e começar tomar as providências e medidas de controle das áreas e pessoas contaminadas ou irradiadas.

Devido às características do acidente de Goiânia, as vias potenciais de exposição da população à radiação foram: inalação de material ressuspenso, ingestão de frutas, verduras e animais domésticos e irradiação externa devido ao material depositado no ambiente. (GOVERNO ESTADO DE GOIAS, 2007)

Segundo Cruz (1987), esses indivíduos que tiveram contato direto ou até mesmo aqueles que estiveram próximos ao material radioativo receberam doses de dez ou dezenas de milhares de vezes as doses naturais que habitualmente recebem no decorrer de 1 ano, sendo 0,1 rem (unidade de medida referente a dose de energia gerada da radiação absorvida pelo ser humano) por ano. É possível avaliar os efeitos dessa radiação quando nota-se que, aproximadamente, radiações da ordem de:

- 150 a 400 rem: podem ocasionar problemas estomacais leves, vômitos, diarreia, náuseas, cansaço constante, perda parcial dos cabelos e pelos e problemas sanguíneos sem muito agravo;
- 400 a 600 rem: causam a perda dos pelos e cabelos entre duas ou seis semanas, vertigens, náuseas e vômitos, alterações na composição sanguínea. Ao passo que se o indivíduo não estiver em meio esterilizado e isolado e se sua flora microbiana não for imediatamente equilibrada os riscos de morte são altíssimos;
- 600 a 2000 rem: provocam problemas digestivos e sanguíneos consideráveis, vômitos e diarreias, possibilidades de ocorrer perfuração intestinal, sendo que a morte pode se seguir quinze dias após a irradiação;
- Acima de 2000 rem: o mais provável é que o indivíduo venha a óbito.

O indivíduo não consegue perceber de imediato que foi atingido por radiação, posto que a radiação não se manifesta no momento do impacto, isto é, não advém dor ou lesão aparente. A radiação é um perigo silencioso que atinge as células do corpo uma a uma, fazendo com que os átomos que formam as células sejam alterados em suas estruturas, além disso, as ligações químicas podem também sofrer alterações, comprometendo o metabolismo celular, acarretando futuramente



consequências biológicas no funcionamento do organismo no geral. Certas consequências podem ser percebidas no próprio indivíduo afetado, já outras em longo prazo, sendo que podem se manifestar somente nos descendentes (filhos, netos) que foi vítima de alguma alteração genética provocada pela radioatividade (LEMBO, 2000).

A fonte radioativa foi removida e manipulada indevidamente no dia 13 de setembro, porém o acidente radioativo só foi identificado como tal no dia 29 do mesmo mês, quando foi feita a comunicação à Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, que notificou a Agência Internacional de Energia Atômica –AIEA. Foi acionado um plano de emergência do qual participaram CNEN, Furnas Centrais Elétricas S/A – FURNAS, Empresas Nucleares Brasileiras S/A -NUCLEBRÁS, DEFESA CIVIL, ala de emergência nuclear do Hospital Naval Marcílio Dias –HNMD, Secretaria Estadual de Saúde de Goiás – SES/GO, Hospital Geral de Goiânia –HGG, além de outras instituições locais, nacionais e internacionais que se incorporaram ou auxiliaram a “Operação Césio-137”. (GOVERNO ESTADO DE GOIAS, 2007).

Após cerca de duas semanas do episódio que passou a ser considerado o maior acidente radiológico do mundo, Leide Neves, sua tia Maria Gabriela e os dois funcionários do ferro-velho não resistiram aos efeitos da contaminação do Césio-137 e vieram a óbito, sendo consideradas as quatro primeiras vítimas fatais, desde então a menina Leide passou a ser considerada símbolo da triste tragédia (HELOU, 1995).

Figura 4: Leide Neves



Fonte: Portal de notícias da Globo de Goiás (2017)

Disponível em: <https://g1.globo.com/goias/noticia/simbolo-do-acidente-com-o-cesio-137-leide-das-neves-e-lebrada-com-carinho-por-parentes-era-muito-alegre.ghtml>

As primeiras providências foram identificar, monitorar, descontaminar e tratar a população envolvida; as áreas consideradas como focos principais de contaminação foram isoladas e iniciou-se a triagem de pessoas no Estádio Olímpico. A descontaminação dos focos principais foi feita removendo-se grandes quantidades de solo e de construções que foram demolidas. Ao mesmo tempo era realizada a monitoração para quantificar a dispersão do  $^{137}\text{Cs}$  no ambiente, além de análise de solo, vegetais, água e ar. Foram identificados e isolados sete focos principais, onde houve a contaminação de pessoas e do ambiente e onde havia altas taxas de exposição. (GOVERNO ESTADO DE GOIAS, 2007).

No total, foram monitoradas 112.800 pessoas, das quais 249 apresentaram significativa contaminação interna e/ou externa, sendo que em 120 delas a contaminação era apenas em roupas e calçados, sendo as mesmas liberadas após a descontaminação. Os 129 que constituíam o grupo com contaminação interna e/ou externa passaram a receber acompanhamento médico regular. Destes, 79 com contaminação externa receberam tratamento ambulatorial; dos outros 50 radioacidentados e com contaminação interna, 30 foram assistidos em albergues, em semi-isolamento, e 20 foram encaminhados ao Hospital Geral de Goiânia; destes últimos, 14 em estado grave foram transferidos para o Hospital Naval Marcílio Dias, no Rio de Janeiro, onde quatro deles foram a óbito, oito desenvolveram a Síndrome Aguda da Radiação - SAR -, 14 apresentaram falência da medula óssea e 01 sofreu amputação do antebraço.

No total, 28 pessoas desenvolveram em maior ou menor intensidade, a Síndrome Cutânea da Radiação (as lesões cutâneas também eram ditas "radiodermites"). Os casos de óbito ocorreram cerca de 04 a 05 semanas após a exposição ao material radioativo, devido a complicações esperadas da SAR - hemorragia (02 pacientes) e infecção generalizada (02 pacientes). (GOVERNO ESTADO DE GOIAS, 2007)

De acordo com informações obtidas no jornal O Popular (Edição especial Césio-137) um dos irmãos de Devair e Ivo e atual presidente da Associação das Vítimas do Césio (AVCésio), Odesson Alves Ferreira faz alusão a uma frase dita pelo irmão Devair que marcou profundamente a tragédia: "Eu me apaixonei pelo brilho da morte'. Assim, como as inúmeras vítimas, Odesson também carrega em seu corpo marcas do terrível acidente, apesar de ter entrado em contato com o pó por apenas 2 minutos.

Ivo e Devair sobreviveram à tragédia, contudo ficaram marcados, não somente no corpo, mas na alma, uma vez que se sentiam culpados por terem levado a morte para dentro de casa. Com base em informações de Odesson, os dois entraram em depressão e perderam a vontade de viver. Ambos morreram alguns anos depois (HELOU, 1995).

Figura 5: Pai de Leide Neves, Ivo Alves Ferreira



Fonte: Portal de notícias da Globo de Goiás (2017)

Disponível em: <https://g1.globo.com/goias/noticia/simbolo-do-acidente-com-o-cesio-137-leide-das-neves-e-lebrada-com-carinho-por-parentes-era-muito-alegre.ghtml>

De acordo com informações obtidas no Portal de notícias da Globo de Goiás (G1) em 13/09/2017, Luiza Odete, tia de Leide, pegou uma pedrinha do composto químico e levou para sua casa, com isso seu esposo, Kardec Sebastião dos Santos de 61 anos, que apesar de não ter se interessado pelo brilho da pedra, acabou sendo contaminado acidentalmente, tendo sofrido radio queimaduras no braço. Triste realidade dessas famílias que sofreram com perdas materiais, sendo que somente alguns objetos que pertenciam às famílias foram descontaminados pelos técnicos, além de casa que foram interditadas, essas famílias ficaram sem lar e principalmente, perderam amigos, parentes, enfim pessoas queridas e ainda convivem diariamente com os efeitos físicos e psicológicos dessa tragédia que deixou inúmeros danos irreversíveis.

Figura 6: Marido de Luiza Odet, Kardec Sebastião dos Santos



Fonte: Portal de notícias da Globo de Goiás (2017)

Disponível em: <https://g1.globo.com/goias/noticia/simbolo-do-acidente-com-o-cesio-137-leide-das-neves-e-lembrada-com-carinho-por-parentes-era-muito-alegre.ghtml>

O Governo do Estado de Goiás (2007), diz que para executar o monitoramento sobre os efeitos da exposição, a radiação ionizante nas pessoas que foram vítimas deste acidente, o governo do Estado de Goiás criou, em fevereiro de 1988, a Fundação Leide das Neves Ferreira. Posteriormente, foi transformada em Superintendência Leide das Neves Ferreira - SULEIDE. Foram definidos grupos de pacientes, de acordo com normas internacionais, que consideram como critérios de classificação a gravidade das lesões cutâneas e a intensidade da contaminação interna e externa, e que determinou a metodologia dos protocolos de acompanhamento médico.

Também informaram que os cálculos de dose das pessoas foram feitos com base nos resultados dos exames de dosimetria citogenética<sup>2</sup>, para avaliação da exposição externa; e de análise de excretas e contador de corpo inteiro para avaliação da contaminação interna. Pela técnica de dosimetria citogenética estima-se a dose recebida através de aberrações cromossomiais causadas pela radiação. A dose

<sup>2</sup> A Dosimetria Citogenética é uma técnica para avaliação da dose após a superexposição acidental de um indivíduo à radiação ionizante. Esta técnica é baseada na análise das alterações cromossômicas através da busca da presença de anéis dicêntricos em células de linfócitos em metáfase, presentes no sangue. Esta anomalia é específica para danos causados pela radiação, o que faz com que esta técnica seja considerada padrão ouro para a biodosimetria.

Esta técnica é aplicável apenas para doses absorvidas acima de 150 mGy e se realizada em um prazo máximo de 6 meses após o evento de superexposição. O que é mGy? O miligray (**mGy**), mais utilizado para pequenas doses, radiologia e proteção radiológica. É um múltiplo decimal da unidade derivada do Sistema Internacional(SI) de dose absorvida e energia específica, exemplo de conversão:1 megagrays (MGy) = 100000000 rad (rd).

estimada é proporcional ao número de aberrações existentes. A técnica de análise de excretas é chamada de monitoração *in vitro* e a de contador de corpo inteiro – detectores de radiação são colocados próximos ao corpo e inferem a quantidade de material radioativo incorporado e subsequentemente a dose – monitoração *in vivo*.

De acordo com a Associação de Vítimas do Césio 137, até o mês de setembro de 2012, ou seja, 25 anos após a tragédia, já haviam constatado mais de seis mil vítimas atingidas pela radiação, e em média 60 morreram em virtude do acidente. No entanto, esse número de vítimas é negado pelo poder público.

Um fato anterior a este relatado até aqui, ocorreu em 1985 quando muitos brasileiros ficaram assustados com o desabamento de um laboratório em Angra - RJ, onde eram guardadas seis cápsulas de Césio-137. Tal acontecimento ficou marcado na memória de muitas pessoas, apesar de nada de mais grave ter acontecido naquele ano. Infelizmente, tal episódio não impediu que, dois anos após, acontecesse a maior tragédia radiológica da história, para a qual o debate feito no episódio anterior não colaborou muito, visto que a tragédia de 1987 surpreendeu e pegou todos desprevenidos, uma vez que os médicos não estavam sabendo lidar e se proteger da irradiação de seus pacientes, o Estado abstraído diante da situação inédita, e a imprensa que em alguns momentos agiu de forma sensacionalista, contribuindo para aumentar o pânico entre as pessoas, afinal não tinha sequer condições de apurar os fatos de perto, pois todos estavam com muito medo por desconhecer por completo o assunto (BORGES, 2003).

Diante desse contexto, Bittencourt (2002) afirma que os traumas psicológicos da população foram tão ou quase tão graves quanto os da própria contaminação e irradiação, a sensação de perda e insegurança pairava sobre toda a população, deixando marcas profundas, anos depois do acidente. O jornal O popular, em pesquisa realizada em 1997, mostrou que 53,6% da população goianiense ainda temiam os efeitos tardios do Césio-137, como o câncer, e também sentem o temor de uma nova ocorrência, a possibilidade de reviver um momento que foi tão difícil e traumático para toda a cidade assusta, visto que o despreparo, apesar de toda essa tragédia, continua.

Em 1996, foram julgados os responsáveis pelo Instituto Goiano de Radioterapia. A sentença por homicídio culposo (quando não há intenção de matar) com retenção de três anos e dois meses de prisão, mas a pena foi substituída por prestação de serviços.

A Lei nº 9425 criada em 24 de dezembro de 1996<sup>3</sup> concedeu pensão especial para as vítimas do maior acidente nuclear no Brasil e no mundo, ocorrido fora de usinas nucleares.

De acordo com O Governo do Estado de Goiás (2007), das várias lições aprendidas neste acidente, podemos nos referir àquela que trata da nossa responsabilidade em conhecer as consequências de se lidar com ciência e tecnologia, e ampliarmos os cuidados que priorizam a ética e o respeito à vida. As consequências foram muito além de perdas materiais, houve transtornos físicos e psicológicos, cicatrizes, famílias perderam seus entes queridos, e até mesmo destruíram inúmeras vidas de pessoas inocentes. A morte da Leide deixa todos impactados, já que uma criança é inofensiva e a mesma nunca imaginou que algo tão lindo e brilhoso fosse lhe tirar a vida tão rapidamente e dolorosa.

O acidente de Goiânia gerou 3500m<sup>3</sup> de lixo radioativo, que foi acondicionado em contêineres de concretados. O repositório definitivo deste material localiza-se na cidade de Abadia de Goiás, a 23 km de Goiânia, onde a CNEN instalou o Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste, que executa a monitoração dos rejeitos radioativos e controle ambiental.

Cabe ainda salientar que a Lei nº 10.308, de 20 de novembro de 2001 em seu Art. 1<sup>o</sup> estabelece normas para o destino final dos rejeitos radioativos produzidos em território nacional, incluídos a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos radioativos (BRASIL, 2001).

## 5. CONTEÚDOS DE RADIOATIVIDADE

De acordo com a Sociedade Brasileira de Química, no ano de 2017 foi publicada a Lei no 13.415/2017, conhecida como lei da reforma do Ensino Médio, a qual alterou em vários pontos a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96). Dentre esses pontos, houve a inserção dos Itinerários Formativos, inclusive da formação técnica e profissional, além do atrelamento da organização curricular do

---

<sup>3</sup> [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9425.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9425.htm)

<sup>4</sup> [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10308.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10308.htm)

Ensino Médio à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), homologada em 2018 em sua terceira versão.

Algumas mudanças geram melhorias nesse Novo Ensino Médio, até porque o mundo vem sofrendo grandes transformações, e isso acarreta outros pensamentos e ideias que a população busca dentro das escolas para os seus conhecimentos, aprendizados e aplicações no seu cotidiano. Mas temos que levar em consideração a dificuldade que as escolas e os professores terão para colocar em prática.

Em 2021, a SQB, Sociedade Brasileira de Química, mencionou que, havendo ainda muitas indefinições, inclusive no próprio entendimento do que seja interdisciplinaridade, apagando-se as disciplinas, desconhecendo-se os aspectos ontológicos e epistemológicos que caracterizam cada campo do saber, até dentro de uma mesma área de conhecimento. De maneira sintética, o novo Ensino Médio prevê total aderência à BNCC e terá um núcleo obrigatório de 1800 horas seguido de um núcleo flexível de 1200 horas.

Na Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43 (2021), a reestruturação é composta por uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e por cinco itinerários formativos, que poderão ser escolhidos pelos estudantes, sendo: I – Linguagens e suas tecnologias; II – Matemática e suas tecnologias; III – Ciências da natureza e suas tecnologias; IV – Ciências humanas e sociais aplicadas; V – Formação técnica e profissional.

Assim analisamos que as disciplinas de química, física e biologia se tornaram uma única disciplina. Ao se tratar do núcleo obrigatório irá depender da rede como unir ou separar esses conhecimentos dentro das 1800 horas, algumas com menos ou mais horas gerando discrepância aos conteúdos a serem abordados. No itinerário formativo a flexibilização aos sistemas de ensino irá depender das escolhas dos estudantes, logo o enfoque poderá ser maior em qualquer uma das três disciplinas levando um desequilíbrio entre os conteúdos e cargas horárias das disciplinas de Ciências.

A SBQ em 2021 relatou, a possibilidade de que a disciplina de Química tenha sua carga horária diminuída, a depender da oferta de itinerários formativos relacionados a Ciências da Natureza pelos sistemas de ensino, acarretando lacunas no letramento e conhecimento escolar científico dos estudantes. Isto é extremamente danoso, tendo em vista a importância do conhecimento científico químico no atual cenário negacionista em que nossa sociedade se encontra imersa.

Não há dúvida de que a ciência e tecnologia têm grande impacto no desenvolvimento econômico e social do planeta. Por outro lado, a ciência e as aplicações tecnológicas muitas vezes têm interferido no meio ambiente sem se levar em conta os efeitos e as consequências negativas para a sociedade. Todos os dias surgem novas descobertas ou temas que despertam calorosas discussões entre cidadãos e especialistas.

O novo ensino médio permite ao estudante, num currículo de vários tópicos, que escolha a área de ciência e tecnologia, onde estão presentes habilidades sobre radiações/radioatividade. Trata-se de um tema que envolve diversas aplicações para a sociedade, como para a área médica, onde é possível diagnosticar e tratar doenças, bem como aplicações industriais e a produção de energia elétrica livre da emissão de gases estufa.

Na Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, FERNANDEZ (2021) pronuncia o arranjo curricular de química, compreendido no itinerário formativo III, engloba, entre outros aspectos, habilidades essenciais que envolvem radiações ionizantes, como mostrado na Tabela 1:

<b>Tabela 1:</b> Habilidades essenciais do itinerário formativo de ciências da natureza e suas tecnologias que envolvem radiações/radioatividade	
<b>EF09CI18</b>	Radiações e suas aplicações na saúde
<b>EF09CI01</b>	Estrutura da matéria, aspectos quantitativos das transformações químicas, radiações e suas aplicações na saúde
<b>EM13CNT103</b>	Quantização de energia (modelo de Bohr; dualidade onda partícula). Radioatividade (estrutura da matéria; fissão e fusão nuclear; radiação ionizante).
<b>EM13CNT104</b>	Ondas eletromagnéticas (espectro eletromagnético; ondas de rádio; micro-ondas; radiações infravermelhas; radiações visíveis; radiações ultravioletas, raios x; raios gama). Quantização de energia (núcleo atômico; radioatividade). Radioatividade (fissão e fusão nuclear; decaimento radioativo; radiação ionizante).
<b>EM13CNT209</b>	Radiação (partículas elementares; força nuclear forte; força nuclear fraca; fissão nuclear; modelo padrão)
<b>EM13CNT304</b>	Energia nuclear. Decaimento radioativo.



Portanto, com a atualização do ensino médio temos na tabela 1 da BNCC, os conteúdos das disciplinas de Ciências, que para nós será aplicada na Química. No entanto, é algo geral, então serão listados os tópicos imprescindíveis que o professor precisa dominar, a fim de elaborar suas aulas com qualidade. Esses tópicos contêm todos os conteúdos ditados pelos PCNEM, PCN+ e o Currículo mínimo, além de outros;

- a) Construção de modelos científicos e história da radioatividade
- b) Tipos de radiação e ocorrências
- c) Conceito de isótopos
- d) Atividade, meia vida, vida média, decaimento radioativo e tipos de decaimento
- e) Reações nucleares
- f) Classificação das radiações
- g) Usinas nucleares
- h) Formação do universo
- i) Princípio de detecção e tipos de detectores e medidas
- j) Efeitos biológicos.
- k) Noções de dosimetria, proteção radiológica e blindagem
- l) Aplicações

## 6. PROPOSTA DE ENSINO DE RADIOATIVIDADE TENDO COMO TEMA GERADOR O ACIDENTE DE GOIÂNIA

Para a construção dos conceitos de radiação e radioatividade, são necessários alguns conhecimentos prévios de química e física moderna/contemporânea, um tema abordado, frequentemente, de maneira superficial por professores em sala de aula e que os alunos acabam conhecendo, muitas vezes, através da mídia. Esse conjunto de fatores, associado à ênfase que a mídia dá a eventos negativos relacionados à radioatividade, como as bombas de Hiroshima e Nagasaki e os acidentes de Goiânia, Chernobyl e Fukushima, acaba gerando nos estudantes uma “radiofobia”, isto é, um medo exagerado de radiação e dos seus efeitos.

Como consequência, a radiofobia pode induzir comportamentos mais prejudiciais à saúde do que os efeitos da radiação em si. Como exemplo desse comportamento está a recusa à realização de um exame diagnóstico com raios X. Além disso, a radiofobia pode dificultar a adesão do aluno à habilidade, as radiações e suas aplicações na saúde. Um ponto fundamental ao desenvolver essa habilidade é o entendimento de que as radiações podem tanto ser benéficas, se aplicadas em doses apropriadas, ou prejudiciais se aplicadas em excesso. Por isso, é importante conhecer os seus efeitos sobre a saúde para que se possa diferenciar entre uma e outra.

Este trabalho propõe uma proposta teórica-prática no tópico sobre radiações com enfoque no acidente de Goiânia.

### **6.1 Materiais E Métodos**

Abaixo apresento a proposta de ensino que abrange o conteúdo de Radioatividade, com o tema gerador do Acidente Radioativo de Goiânia. A proposta é composta por questões sem respostas fechadas nos textos, ou seja, questões de reflexão para que se desperte no estudante o ato de pensar, de refletir sobre os processos, assim sendo, incentivar debates e discussões sobre o assunto em sala de aula, propondo maior interação e participação dos estudantes.

### **PLANO DE ENSINO**

**Estrutura curricular:**

<b>Modalidade / Nível de ensino</b>	<b>Componente curricular</b>	<b>Conteúdo</b>
Ensino médio regular	Química	Introdução à Radioatividade

**Dados da aula**

**Título:**

Radiação é ruim?
------------------

**O que o aluno poderá aprender com esta aula:**

- História do Acidente de Goiânia;
- Conceitos de radiação e emissão;
- Introdução da história da teoria da radioatividade;
- Maiores acidentes radioativos do mundo;

**Avaliação:**

Trabalho em grupo com apresentação dos principais acidentes nucleares;

**Duração:**

3 aulas de 50 minutos cada;

**Conhecimentos prévios trabalhados pelo professor com o aluno:**

- Átomo, prótons, elétrons e nêutrons;
- Ondas eletromagnéticas;

**Objetivo:** Apresentar e discutir os malefícios e, conseqüentemente, entender o conceito de radioatividade.

**Tema gerador:** Acidente de Goiânia

Esse tema terá como objetivo facilitar a introdução do conteúdo e tornar a relação professor-aluno mais próxima, pois o mesmo pode despertar no aluno dúvidas e curiosidades já que será repassado em forma de vídeo e história em quadrinhos cativando a atenção do discente.

**Palavras chave:** acidente; radiação; partículas;

**Preparando a aula:**

Na aula anterior peça para que os estudantes perguntem aos seus familiares se alguém já fez raio-x, se sentiu dor durante ou depois e como foi o processo desse exame.

**Recursos e estratégias:**

1. Os recursos utilizados para essa proposta será principalmente o data show.

2. A princípio inicia-se a aula questionando os alunos sobre o que entendem de radioquímica, o que esta palavra os arremete, faça-os interpretar a imagem de fundo do slide de toneis amarelos com símbolos de radiação e leve-os num primeiro momento a pensar que radioquímica é ruim.



3. Logo após mostre o vídeo que se encontra no link (<https://www.youtube.com/watch?v=UrtenQ77IUUA>), que reproduz um resumo em forma de quadrinhos e bastante didático sobre o Acidente de Goiânia. E em seguida questioná-los sobre o exame de raio-x pois assim podemos relacionar o equipamento que causou o acidente nuclear com o cotidiano mais próximo do aluno, a possibilidade de já terem realizado ou conhecer alguém que já realizou será maior, assim questioná-los essa hipótese. Conduza a discussão mostrando a eles que o raio-x é um tipo de radiação e contraponha com o que eles disseram no 1º slide sobre a radiação ser ruim, fale a respeito da frequência do exame e por que aconteceu o Acidente de Goiânia, como poderia ser evitado.

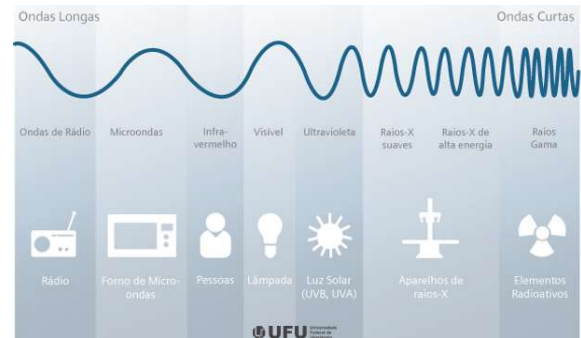


4. Assim poderemos dar sequência no conteúdo e introduzir o que é radiação, de forma didática e compreensiva, mostrar que vários materiais emitem radiação. Trabalhe para desconstruir o conceito errôneo de que radiação vem de materiais perigosos, mostre que a palavra vem de radiar, emitir.

O que é radiação?

- **Radiação** é um termo da área da Física e significa a propagação de energia de um ponto a outro no espaço ou em um meio material, com uma certa velocidade

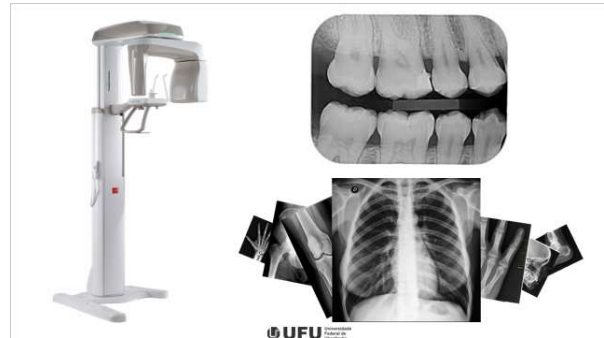
UFU



5. Em sequência, falaremos um pouco da história do raio-x e como ele funciona, se policie para não usar termos como partículas alfa, partículas beta e radiação gama, seja o mais claro possível por que esse entendimento básico é de extrema importância, não utilize muitos termos técnicos. Exemplifique como é um raio-x com as imagens.

- Foi descoberto em 1895, pelo físico Wilhelm Konrad Roentgen;
- São elétrons emitidos em direção ao nosso corpo;
- Encontra o osso e volta;
- Encontra impedimento em componentes muito densos.

UFU



6. Após reforce a pergunta se radiação é vantajoso ou se somente é algo ruim. Mostre que apesar de estarmos expostos a diversos tipos de radiação ela é perigosa e devemos tomar cuidado. Aponte alguns dos perigos da radiação, explique de maneira simples a respeito da mutação genética principalmente, sem muitos termos técnicos para o melhor entendimento.



- Existem diversos compostos radioativos;
  - São extremamente perigosos;
  - Causam mutação genética;
  - Podem levar a morte.
- UFU

7. Finalize esse tópico, e por fim essa primeira aula transmitindo o vídeo de um canal do Youtube chamado Porta dos fundos, disponível em (<https://www.youtube.com/watch?v=L6Jrp3y1DQ>) , ele traz de uma maneira bem engraçada situações e dúvidas extremamente comuns voltadas ao exame de raio-x. O vídeo tem o intuito de chamar a atenção dos alunos e também é uma maneira de nivelar o conhecimento acerca do tema, já que ele traz diversas questões que foram abordadas em sala, portanto dúvidas e questionamentos poderão surgir, e assim conseguiremos finalizar esse tópico.



8. Para iniciar a segunda aula, lembre tudo que falamos acima, e assim podemos gerar a seguinte problematização: Posso carregar uma fonte de radiação no meu bolso? Deste modo traremos um pouco da história da química falando sobre Marie Currie, responsável pelo termo radioatividade. Fale brevemente de sua história e seus prêmios, porém, de maior enfoque na sua área de pesquisa, mais precisamente no fato dela carregar amostras de Polônio e Rádio nos bolsos. De importância também no motivo de sua morte.

Posso carregar uma fonte de radiação no meu bolso?





Marie Curie  
07/11/1867 - 04/07/1934

- Primeira mulher a ganhar um prêmio Nobel;
- Primeira pessoa a ganhar dois prêmios Nobel em áreas diferentes (Física e Química);
- Teoria da radioatividade;
- Descoberta dos elementos rádio e polônio;
- Morreu de leucemia causada por rádio;
- Carregava recipientes com polônio e rádio.

9. Logo explique sobre os elementos Polônio e Rádio e introduza os termos partícula alfa, partícula beta e radiação gama, portanto agora será necessário explicar

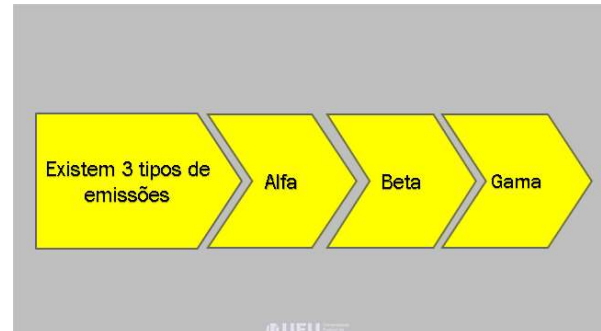
os três tipos de radiação e também introduzir termos teóricos de tempo de meia vida e taxa de decaimento, porém de maneira simples para o melhor entendimento. E assim finalize essa aula, com a avaliação da eficácia do conteúdo.

84  
**Po**  
Polônio

O polônio-210 é um isótopo emissor de partículas **alfa**.

88  
**Ra**  
Rádio

É um emissor de partículas **alfa**, partículas **beta** e radiação **gama**.



**Alfa**

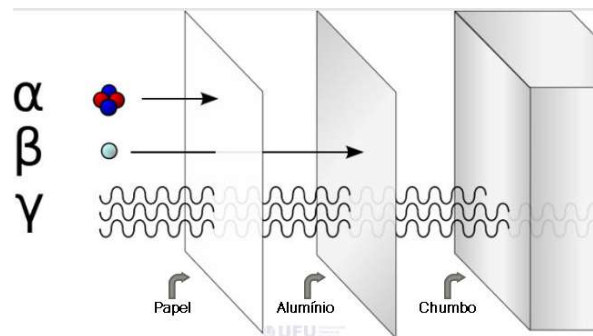
- Conjunto de dois prótons e dois nêutrons, isto é, é o núcleo do átomo de hélio.

**Beta**

- São elétrons emitidos com grande velocidade, em geral próxima da velocidade da luz.

**Gama**

- São ondas eletromagnéticas de menor comprimento de onda que conhecemos.



Esses elementos vão durar pra sempre?

**Taxa de Decaimento**

- Um elemento se transforma em outro;
- O novo elemento é mais estável.



**Meia Vida**

- É o tempo necessário para a metade dos isótopos de uma amostra se desintegrem.

- O Ra-226 é um produto do decaimento do U-238, e é o isótopo do rádio de mais longa vida, com uma meia-vida de 1602 anos;
- O Po-210 é o isótopo natural mais comum, com uma meia-vida de 134,8 dias;
- O Po-209 (meia-vida de 103 anos).

UFU

10. Para finalizar todo o conhecimento explicado, pede-se para os alunos montar grupos e o professor irá sortear quatro acidentes nucleares para que possam fazer pesquisas sobre e contar a história de cada, elaborando uma apresentação para o restante da turma.

- ATIVIDADE
- Apresentação sobre Acidentes Nucleares

UFU

11. Na terceira e última aula serão as apresentações dos trabalhos em grupo sorteados no último encontro.

## Considerações finais

A partir de várias revisões bibliográficas entende-se que a radioatividade é um assunto obrigatório no currículo escolar e é importante para a formação geral dos alunos na educação básica porém pouco abordado e explorado, e isso se deve ao receio do domínio do professor e a aprendizagem de novas metodologias que priorizem a construção de estratégias, afinal ele é o mediador de conhecimento, mas não podemos negar que o tema é complexo, e também a receptividade do aluno pois a ligação do conteúdo com o cotidiano não é feita, assim traz um bloqueio de aprendizado do tema, impossibilitando uma dinâmica de ensino com maior interação.



O foco da pesquisa foi a construção de uma proposta de ensino que contribuísse para aprendizagem do ensino radioativo no nível médio, e com intuito de uma metodologia lúdica tornando o ensino mais significativo e menos rotineiro. A utilização de vídeos e slides na composição da sequência didática é um ótimo instrumento, abordar o Acidente de Goiânia como tema gerador é bastante atraente e sabemos que estes são facilitadores de ensino devido suas praticidades e capacidade de interações com os educandos. Já a aproximação entre os alunos e professor fica por conta das figuras e problematizações sugeridas durante a proposta, possibilitando momentos de descontração e troca de conhecimentos. Essa aproximação geralmente irá acarretar maior aprendizado do conteúdo ministrado, uma vez que os discentes se mantêm mais atentos ao que é exposto pelo professor.

A utilização de temas geradores ambientais nas aulas de Química, sob esta abordagem, constitui um importante processo para se trabalhar a conscientização juntamente com a apropriação dos conteúdos químico-científicos.

O estudo da Química tem uma grande importância na formação de qualquer cidadão com o intuito de participarem criticamente em questões da sociedade, ou seja, ter responsabilidade para enfrentar desafios no cotidiano e ter consciência sobre seus resultados. Logo, a radioatividade é um tema primordial, devido à sua vasta aplicabilidade e as sérias consequências da sua má utilização. Portanto, a conduta de iniciar a proposta falando sobre o Acidente de Goiânia é justamente para mostrar o quão importante é o assunto que pouco é explorado, tirando assim o termo radiofobia, do dia-a-dia dos discentes e tornando-os mais aptos para tratar e colocar problemas.

## Referências Bibliográficas

### Obras Citadas

BERNARDELLI, M.S. Encantar para ensinar – um procedimento alternativo para o ensino de Química. In: Convenção Brasil Latino América, Congresso Brasileiro e Encontro Paranaense de Psicoterapias Corporais. 1.,4.,9., Foz do Iguaçu. Anais... Centro Reichiano, 2004. CD.

BITTENCOURT, A. M. Césio - 137: Relatos da segunda geração do maior acidente radiológico da história. 2002. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Artes e Comunicação) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

BORGES, W. Eu também sou vítima: a verdadeira história sobre o acidente com o Césio 137 em Goiânia. Goiânia: Kelps, 2003.

BRASIL (2006). Secretaria de Educação Básica. Orientações Curriculares Nacionais. Brasília: Ministério da Educação.

BRASIL. Lei nº 10. 308, de 20 de novembro de 2001. Brasília, 2001.

COELHO, T. S., LELIS, I. S.; QUADROS, A. L.. Explicando fenômenos a partir de aulas com a Temática Água: a evolução conceitual dos estudantes. Química Nova na Escola. Vol. 36, N° 1, p.71-80.

CRUZ, F. F. S. Radioatividade e o acidente de Goiânia. Rev. Cad. Cat. Ens. Fis. UFSC. Florianópolis, 4(3): 164-169, dez. 1987.

EVANGELISTA, I. R. Acidente radiológico, césio - 137: Uma abordagem crítica sobre os limites da responsabilidade ambiental reconhecida pelo Tribunal Regional Federal da Primeira Região, em razão do fato ocorrido em Goiânia. Rev. de Est. Jur. UNESP. São Paulo, v.17, n.25, p. 373 - 402, 2013.

FREIRE, Paulo. Extensão ou comunicação? 14 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

GASPARIN, J.L. Uma didática para a Pedagogia Histórico-Crítica. 5. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

HELOU, Suzana. Césio-137: conseqüências psicossociais do acidente de Goiânia. Goiânia: Editora da UFG, 1995.

LEMBO, A. Química, Realidade e Contexto. São Paulo: Ática, 2000.

NAKIBOGLU, C.; TEKIN, B. B. (2006). Identifying student's misconceptions about nuclear chemistry. A study of Turkish high school students. Journal of Chemical Education, 83(11), 1712-1718.

OLIVEIRA, A. G. da S.. Os sachês de catchup e maionese como tema gerador no ensino de funções químicas inorgânicas. Revista Iberoamericana de Educação. 2013.

OKUNO, E. Radiação: efeitos, riscos e benefícios. São Paulo: Harbra, 1988.

VIEIRA, S. A. Césio-137, um drama recontado. Rev. Est. Avan., São Paulo, v. 27, n. 77, Jan. 2013.

### **Obras Consultadas:**

BARRETO, Natacha Martins Bomfim. Temas geradores utilizados no Ensino de Química. Disponível em: < <https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/11736>>  
Acessado em: 17/07/2022

Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 4(3): 164-169, dez. 1987. Disponível em:  
<<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165639.pdf>>. Acessado em:  
06/06/2022.

Conversor de Unidades de Medida Online. Disponível em: <<https://converterui.com/unidade/lista/TBq/atividade-radiacao>>. Acessado em: 20/08/2022.

Currículo Referência de Minas Gerais (2022). Disponível em: <<https://www2.educacao.mg.gov.br/images/documentos/Curr%C3%ADculo%20Refer%C3%Aancia%20do%20Ensino%20M%C3%A9dio.pdf>>. Acessado em: 15/08/2022.

Diretrizes Curriculares da Educação Básica Química do Estado do Paraná, Disponível em: <[https://www.educacao.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2019-12/dce\\_quim.pdf](https://www.educacao.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-12/dce_quim.pdf)> Acessado em: 13/06/2022.

Experiências em Ensino de Ciências V.8, No. 1, 2013. Disponível em: <[https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID200/v8\\_n1\\_a2013.pdf](https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID200/v8_n1_a2013.pdf)> Acessado em: 06/06/2022.

FERNANDEZ, João Vitor Martins et al. A new strategy for teaching nuclear physics and radioactivity for the new high school: web application guided self-learning. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2021, vol.43, e20210295. Epub Oct 22, 2021. ISSN 1806-1117.. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/DRQLY4pC8YRvZgvqq5vWPfy/?format=pdf&lang=pt>> Acessado em: 17/07/2022

GOMBRADE, Rafael. A interpretação da física das radiações ionizantes por meio da leitura de textos. São José do Rio Preto 2018 <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/157085>> Acessado em: 13/06/2022.

GONCALVES, Giuliana. FARIAS, Josué. GONCALVES, Tatiana. Radioatividade X Radiação. Disponível em: <<http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/86/RadiacaoXRadioatividade.pdf>> Acessado em: 06/06/2022.

História do Acidente Radioativo de Goiânia. Disponível em: <[http://www.sgc.goias.gov.br/upload/links/arq\\_254\\_historiadoacident.pdf](http://www.sgc.goias.gov.br/upload/links/arq_254_historiadoacident.pdf)> Acessado em: 06/06/2022.

JUNIOR, Gilberto. FARIA, Walter. Acidente Radiológico na Cidade de Goiânia. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1259/1/Gilberto%20Junior%20-%20Acidente%20Radiol%C3%B3gico%20na%20Cidade%20de%20Goiania-GO.pdf>> Acessado em: 06/06/2022.

JUNIOR, Schubert. LOBATO, Anderson. MEDEIROS, Miguel. Radiação: uma proposta de ensino contextualizada. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0938-1.pdf>> Acessado em: 18/07/2022.

RESQUETTI, Silvia. Uma sequência didática para o ensino da radioatividade no nível médio, com enfoque na história e filosofia da ciência e no movimento CTS. Disponível em: <<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4554/1/000211302.pdf>> Acessado em: 06/06/2022.

Radioatividade e Educação Básica na Perspectiva dos Documentos Oficiais. 57º Congresso Brasileiro de Química 2017 <<http://www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/6/10912-6.html>> Acessado em: 13/06/2022

Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, e20210295 (2021). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/DRQLY4pC8YRvZgvqq5vWPfy/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: 06/06/2022.

SANTOS, Aila. A importância da Radioatividade na educação escolar: os processos radioativos através de recursos audiovisuais e lúdicos. Disponível em: <[https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/7212/MFC%202017.01\\_Aila%20de%20Oliveira%20dos%20%20Santos\\_ASSINADA.pdf?sequence=1](https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/7212/MFC%202017.01_Aila%20de%20Oliveira%20dos%20%20Santos_ASSINADA.pdf?sequence=1)> Acessado em: 06/06/2022.

SANTOS, Antonio. Temas Geradores no Ensino de Química: Uma análise comparativa entre duas metodologias aplicadas ao ensino de química em duas escolas da Rede Estadual de Sergipe (2015). Disponível em: <[https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/5219/1/ANTONIO\\_HAMILTON\\_SANTOS.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/5219/1/ANTONIO_HAMILTON_SANTOS.pdf)> Acessado em: 12/07/2022.

Símbolo do acidente com o cézio-137, Leide das Neves é lembrada com carinho por parentes: 'Era muito alegre', Disponível em: <<https://g1.globo.com/goias/noticia/simbolo-do-acidente-com-o-cesio-137-leide-das-neves-e-lemrada-com-carinho-por-parentes-era-muito-alegre.ghtml>> Acessado em: 20/08/2022.

Solicitar avaliação de Dose por Dosimetria Citogenética. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/servicos/solicitar-avaliacao-de-dose-por-dosimetria-citogenetica>> Acessado em: 20/08/2022

SOUZA, Antônio Vital Menezes. Tema geradores: Água, Ar, Fogo e Terra. Disponível em: <[https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15251826042013Educacao\\_Ambienta\\_Aula\\_3.pdf](https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15251826042013Educacao_Ambienta_Aula_3.pdf)> Acessado em: 17/07/2022

SBQ, 2021, Nota da Sociedade Brasileira de Química sobre a Implementação do Novo Ensino Médio a partir da BNCC. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/ensino/moco es/nota-da-sociedade-brasileira-de-quimica-sobre-implementacao-do-novo-ensino-medio-partir-da#:~:text=Dentre%20esses%20pontos%2C%20houve%20a,2018%20em%20sua%20terceira%20vers%C3%A3o.>>> Acessado em: 06/06/2022.