

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

GABRIELA MACHADO MAGALHÃES

**RADIOATIVIDADE: SITUAÇÃO-PROBLEMA COM ENFOQUE CTS NO
CONTEXTO DO PIBID**

**Bagé
2021**

GABRIELA MACHADO MAGALHÃES

**RADIOATIVIDADE: SITUAÇÃO-PROBLEMA COM ENFOQUE CTS NO
CONTEXTO DO PIBID**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Licenciada em Química.

Orientadora: Márcia Von Frühauf Firme

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

M188r Magalhães, Gabriela Machado
Radioatividade: situação-problema com enfoque CTS no
contexto do PIBID / Gabriela Machado Magalhães.
87 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade
Federal do Pampa, QUÍMICA, 2021.

"Orientação: Márcia Von Frühauf Firme".

1. Radioatividade. 2. CTS. 3. Formação de professores. 4.
Situação-problema. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO
FEDERAL MINISTÉRIO
DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

GABRIELA MACHADO MAGALHÃES

**RADIOATIVIDADE: SITUAÇÃO-PROBLEMA COM ENFOQUE CTS NO
CONTEXTO DO PIBID**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Licenciada em Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 28 de abril de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr^a. Márcia Von Frühauf Firme
Orientadora
UNIPAMPA

Prof. Dr. Douglas Mayer Bento
UNIPAMPA

Prof. Dr. Jackson Luis Martins Cacciamani
UFFS



Assinado eletronicamente por **MARCIA VON FRUHAUF FIRME, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/05/2021, às 09:20, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais



aplicáveis.

Assinado eletronicamente por **DOUGLAS MAYER BENTO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/05/2021, às 09:57, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Jackson Luís Martins Cacciamani, Usuário Externo**, em 11/05/2021, às 11:00, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0522307** e o código CRC **EC0540A1**.

Dedico este trabalho a todas as mulheres!

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, pois em todos os momentos em que pensei em desistir, por estar com medo ou a ansiedade tomar conta durante a noite, Ele estava me dando forças e calma para continuar a caminhada.

À minha mãe Eneida, meu pai Roberto, meu Irmão Inácio e meu namorado Jean que estavam ao meu lado durante todo o processo, sempre dando apoio, incentivando, sendo a base, para que eu conseguisse realizar esse sonho.

À minha orientadora, professora Dra. Márcia Von Frühauf Firme, por todos os aprendizados e suas valiosas contribuições para que esse trabalho se realizasse, além de suas palavras de conforto e carinho, acalmando-me.

Aos professores da banca, professor Dr. Douglas Mayer Bento e o professor Dr. Jackson Luis Martins Cacciamani, pela leitura e contribuições neste trabalho.

A todos os amigos que Deus me proporcionou conhecer na Unipampa, principalmente, aos colegas André, Ariani, Catiucia e Jeanine do grupo Ninguém Solta a Mão de Ninguém, que me acompanhou durante todos esses anos, compartilhando momentos de alegrias e angústias. Além da amizade com as colegas Clarice e Cristiane do grupo LQ forms.

Aos amigos de infância e da Escola Estadual Dr. Carlos Kluwe que vivenciaram muitas lutas junto comigo e entenderam minhas ausências, sempre me acolhendo com forças e incentivos.

Aos professores do curso de Química Licenciatura, em especial, professor Dr. Márcio Marques Martins, professor Dr. Tales Leandro Costa Martins e o professor Dr. Luis Roberto Brudna Hölzle, por todos os seus ensinamentos e diálogos, foram essenciais para a minha formação.

Vocês todos são as “minhas pessoas”! (Grey's Anatomy)

“A presença da Química no dia-a-dia das pessoas é mais do que suficiente para justificar a necessidade de o cidadão ser informado sobre ela”.

Wildson Santos e Roseli Schnetzler.

RESUMO

O estudo da radioatividade possibilita diferentes debates em sala de aula por apresentar múltiplos conceitos e aplicações, além de acontecimentos de acidentes envolvendo os isótopos de elementos químicos radioativos. Este trabalho de conclusão de curso descreve uma sequência didática para o ensino de radioatividade com enfoque CTS, tendo como tema de discussão da situação-problema a troca de equipamentos hospitalares, como aparelhos de radioterapia usados para o diagnóstico e tratamento de doenças, dando ênfase ao descarte dos rejeitos radioativos. Como objetivo geral, pretendeu-se compreender o que se mostra sobre o fenômeno investigado, a radioatividade para os graduandos participantes do PIBID dos cursos de Química e Física da Universidade Federal do Pampa. A metodologia de pesquisa refere-se a uma abordagem qualitativa, iniciando por um estudo teórico de pesquisa bibliográfica seguido da aplicação de uma sequência didática. As atividades foram realizadas em cinco encontros de modo remoto com o grupo de bolsistas do núcleo Física e Química do PIBID. Estes possibilitaram a obtenção de informações a partir de questionários, gravações e participação dos alunos durante os encontros e nas atividades. Estas foram analisadas com alguns princípios da análise textual discursiva. Os resultados apresentam que os estudantes conseguiram articular os conhecimentos científicos estudados nos encontros, trazendo elementos na discussão para argumentar suas propostas na resolução da situação-problema. Nota-se a ampliação dos significados do papel da ciência e tecnologia na sociedade e o engajamento dos grupos para buscar outros aspectos além daqueles explorados nos encontros. Constatando que, as categorias emergentes resultantes da análise, mostraram a relevância e necessidade de se entender mais sobre a abordagem temática radioatividade, os aspectos científicos e tecnológicos envolvidos, a compreensão do uso da radiação e dos equipamentos de maneira responsável e o descaso com a sociedade. A relevância desse tipo de abordagem para qualquer nível de ensino e, fundamental, na formação de professores, desenvolvendo através de debates o comprometimento dos estudantes com situações de problemas da realidade, fazendo-os participar de forma ativa nas decisões referentes à sociedade.

Palavras-chave: Radioatividade. CTS. Formação de professores. Situação-problema.

ABSTRACT

The study of radioactivity enables many classroom discussions for showing a great range of concepts and applications, beyond events and accidents which involve isotopes of radioactive chemical elements. This final paper describes a didactic sequence for teaching of radioactivity with a STS focus, having as a theme of discussion about the situation-problem the exchange of hospital equipment, such as radiotherapy devices used for the diagnostics and treatment of diseases, emphasizing the disposal of radioactive waste. As a general objective, it was intended to understand what is shown about the investigated phenomenon, the radioactivity for undergraduate students participating in PIBID which are in Chemistry and Physics courses from Federal University of Pampa. The research methodology refers to a qualitative approach, which started by theoretical study from a bibliographic search followed by the application of a didactic sequence. The activities were realized in five remote meetings with a group of Chemistry and Physics students from PIBID. These made it possible to collect information from questionnaires, recordings and by the student's participation during the meetings activities. There were analyzed with some principles of textual discourse analysis. The results show that the students were able to articulate the scientific knowledge studied at the meetings, bringing elements into the discussion to argue their proposals in solving the problem situation. Note the expansion of the meanings of the role of science and technology in society and the engagement of groups to seek other aspects besides those explored in the meetings. Noting that, the emerging categories resulting from the analysis showed the relevance and need to understand more about the radioactive thematic approach, the scientific and technological aspects involved, the understanding of the use of radiation and equipment responsibly and the neglect with society. The relevance of this type of approach for any level of education and, fundamentally, in the training of teachers, developing through debates the commitment of students to situations of reality problems, making them participate actively in the decisions related to society.

Keywords: Radioactivity. STS. Teacher training. Problem-situation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição dos trabalhos publicados no ENEQ por ano.....	19
Figura 2 – Assuntos explorados sobre a radioatividade durante os encontros	27
Figura 3 – Assuntos explorados sobre os resíduos radioativos	29
Figura 4 – Nuvem de palavras das respostas dos estudantes	40
Figura 5 – Anotações dos estudantes na ferramenta <i>Miro</i>	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Objetivos de cada encontro	34
Quadro 2 – Situação-problema sobre o tema radioatividade	36
Quadro 3 – Tomada de decisão dos grupos	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- ATD – Análise Textual Discursiva
- BNCC – Base Nacional Comum Curricular
- CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- COVID-19 – *Corona Virus Disease-2019*
- CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade
- ENEQ – Encontro Nacional de Ensino de Química
- PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
- QNEsc – Química Nova na Escola
- SD – Sequência Didática
- TCC – Trabalho de conclusão de curso
- TIC – Tecnologia da informação e comunicação

SUMÁRIO

1	INTRUDUÇÃO	15
2	CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1	Análise dos trabalhos publicados na área.....	18
2.2	O enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade	22
2.3	Abordagem temática: radioatividade.....	24
2.4	Formação de professores.....	29
2.5	Tecnologias da informação e comunicação	31
3	METODOLOGIA	33
4	APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	39
4.1	Os encontros	39
4.2	Simulação de uma audiência pública.....	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
	REFERÊNCIAS.....	51
	ÂPENDICE A – PLANOS DE AULA DOS ENCONTROS	55
	ÂPENDICE B – QUESTIONÁRIOS APLICADOS NOS ENCONTROS.....	85
	ANEXO A – MODELO DO TERMO DE CONCENTIMENTO.....	86

1 INTRODUÇÃO

Ingressei no curso de Química – Licenciatura em 2015, e no segundo semestre vivenciei os estudos relacionados ao enfoque CTS a partir de leituras e discussões em encontros realizados nas quintas-feiras, pelas professoras Renata Hernandez Lindemann e Bruna Roman Nunes. Outro espaço que favoreceu para a escolha foi o componente produção de material didático para o ensino de Química, ministrado pela professora Márcia Von Frühauf Firme, em que o intuito da cadeira era produzir e apresentar uma unidade temática relacionada aos princípios CTS. Além de oportunizar-me a pensar na possibilidade de planejar e desenvolver o meu TCC articulado ao enfoque CTS, emergiu no ano de 2019, ao assistir à série Chernobyl, que relata o maior acidente acontecido em uma usina nuclear no mundo, o encantamento pela abordagem temática da radioatividade. Desde esse momento, a busca por novos conhecimentos foram possibilitando um maior envolvimento com as aplicabilidades e conteúdos relacionados aos isótopos dos elementos químicos radioativos.

A radioatividade explica a capacidade de certos núcleos atômicos emitirem radiação espontaneamente, na forma de partículas ou ondas para alcançar a estabilidade. Segundo Atkins, Jones e Laverman (2018, p. 750) “os tipos mais comuns de radiação emitidos pelos núcleos radioativos são as partículas α (núcleos de átomos de hélio), as partículas β (elétrons rápidos ejetados pelos núcleos) e raios γ (radiação eletromagnética de alta energia)”. Os radioisótopos são utilizados para diversos fins, sendo um deles na área da medicina nuclear para o diagnóstico e tratamento de doenças contra o câncer. Neste contexto, foi proposta uma situação-problema para debater sobre a troca de equipamentos hospitalares a fim de sinalizar possibilidades de soluções durante a simulação de uma audiência pública.

Os assuntos relacionados ao tema podem ser interpretados de diferentes maneiras, tem relevância social, além da relação entre a ciência e tecnologia (RAMSEY, 1993 *apud* SANTOS; MORTIMER, 2000), promovendo debates significativos nas aulas de Química que se consegue articular à educação ciência, tecnologia e sociedade (CTS), em forma de situação-problema. A relação entre CTS é voltada para uma reflexão crítica, capacidade de tomada de decisão e o ensino comprometido com a cidadania (SANTOS; MORTIMER, 2000; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; SANTOS, 2011).

Nessa perspectiva, a ementa do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal do Pampa, tem ausência dos conceitos relativos à radioatividade, mas constam na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na área da Ciência da Natureza e suas Tecnologias, os estudos sobre esse assunto no ensino médio. Nas competências específicas descritas, no documento aborda em um dos tópicos as investigações através de situações-problema e análises dos aspectos envolvidos sobre a ciência e tecnologia, e suas consequências, dialogando a respeito de questões controversas. Entretanto, o levantamento bibliográfico das publicações na revista Química Nova na Escola (QNEsc), nos anais do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), na área de Educação Química de abrangência nacional, durante o período 2008 a 2018 no ENEQ e entre os anos de 2000 e 2020 na QNEsc, apresenta contribuições significativas para o ensino e aprendizagem dos conceitos relacionados à radioatividade, ainda assim há carência de trabalhos publicados sobre o tema, porque na QNEsc foram encontrados apenas três artigos. Portanto, justifica-se as contribuições deste trabalho, no âmbito de Educação Química e, para que os professores em formação acadêmico-profissional apliquem este estudo nas suas aulas da referida componente.

Neste sentido, a metodologia de pesquisa refere-se a uma abordagem qualitativa, iniciando por um estudo teórico de pesquisa bibliográfica, norteado pela seguinte interrogação: O que se mostra sobre o estudo da temática radioatividade com enfoque CTS em um grupo de bolsistas do PIBID Física e Química da UNIPAMPA?, tendo como objetivo geral compreender o que se mostra sobre o fenômeno investigado, a radioatividade para os graduandos participantes do PIBID dos cursos de Química e Física. Como objetivos específicos, buscou-se:

- Elaborar uma sequência didática sobre o tema radioatividade para a formação de professores;
- Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema radioatividade por meio de um questionário;
- Aplicar uma situação-problema com enfoque CTS;
- Analisar a sequência didática com a temática radioatividade com enfoque CTS com um grupo de bolsistas do PIBID Física e Química da Unipampa.

Nos capítulos que compõem este trabalho de conclusão de curso (TCC), serão abordados estudos publicados referentes ao ensino e aprendizagem da radioatividade, articulando o enfoque CTS. Na sequência, discussões teóricas sobre

CTS, os diferentes assuntos que podem ser discutidos com relação à radioatividade, o contexto que é direcionado a pesquisa, ou seja, para a formação de professores e as tecnologias da informação e comunicação usadas para o desenvolvimento da aplicação das atividades durante o período em que as aulas estão de forma remota.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo trará a fundamentação que orienta a metodologia deste trabalho de TCC, a qual foi dividida em quatro seções que serão apresentadas e discutidas a seguir.

2.1 Análise dos trabalhos publicados na área

Este capítulo apresenta um estudo sobre as publicações referentes ao ensino e aprendizagem de radioatividade utilizando a abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Para isso, buscaram-se nos anais do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), de 2008 a 2018, e, na revista Química Nova na Escola (QNEsc), entre os anos de 2000 e 2020, pelas palavras-chave radioatividade e CTS, energia nuclear e CTS, acidentes radioativos e CTS e resíduo radioativo e CTS, presentes no título e/ou resumo do artigo.

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica de 2015¹, até o momento, mas não foram encontrados artigos envolvendo a temática deste trabalho na QNEsc. Dessa maneira, expandiu-se o período da pesquisa selecionando artigos para a busca, a partir de 2000 na QNEsc e no ENEQ.

Na revista QNEsc, os trabalhos publicados no período escolhido foram apenas três artigos. Estes não abordam radioatividade com enfoque CTS, porém estão relacionados ao ensino e aprendizagem de radioatividade com ênfase na História da radioatividade e suas aplicações. Merçon e Quadrat (2004) apresentam em seu texto uma discussão da descoberta e evolução da radioatividade a partir de estudos de vários cientistas, da sua utilização para produção de energia e armas química articulando os fatos históricos ocorridos na época, como a Segunda Guerra Mundial e a Guerra Fria, além dos acidentes nucleares e o avanço tecnológico da aplicabilidade da radiação no tratamento de doenças, preservação de alimentos, datação de fósseis, entre outros.

O artigo de Lima, Pimentel e Afonso (2011), discorre sobre a descoberta da radioatividade e a repercussão do elemento químico rádio, a visão que a sociedade

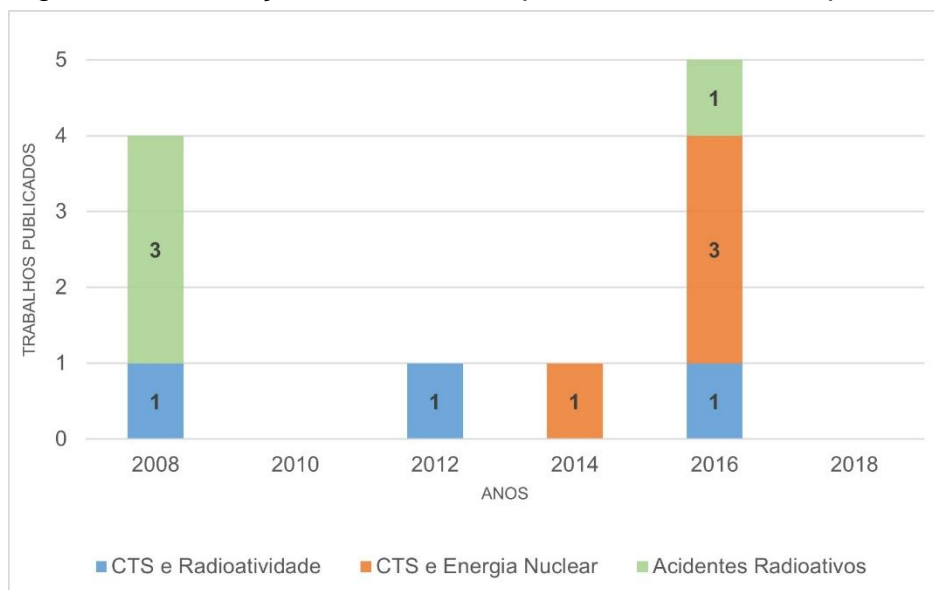
¹ A escolha da análise a partir de 2015 foi devido à autora deste trabalho ter ingressado na universidade neste ano, mas em decorrência do baixo índice de publicações optou-se em ampliar a busca para a validação dos resultados.

construiu e os impactos causados. Com a descoberta da radioatividade, a sociedade começou a imaginar aplicações do elemento rádio para produzir diferentes produtos, adicionando ele em sua composição, ou seja, produtos com radioatividade adicionada, como em águas radioativas, produtos de beleza, além de as pessoas acreditarem que o elemento teria possibilidade de curar doenças. Assim, os autores discutem o perigo oculto da radioatividade, pois com o uso excessivo de produtos contendo o rádio, causou nas pessoas efeitos indesejáveis.

Por fim, Araújo e Mól (2015), em seu artigo, relatam como foi a história para a determinação da idade da Terra a partir dos conhecimentos adquiridos com a descoberta da radioatividade. O universo era calculado pela perspectiva das religiões e, com a Revolução Científica, surgiram novas teorias para explicar a idade da Terra, por meio de fósseis e datação do tempo relativo.

O número de artigos encontrados nos anais do ENEQ, relacionados ao tema deste trabalho, foi um total de onze publicações, sendo que três artigos dissertaram sobre abordagem CTS e radioatividade, quatro artigos utilizaram os acidentes radioativos para contextualizar o ensino de radioatividade e, quatro artigos falando sobre energia nuclear e CTS. Os artigos relacionados aos acidentes radioativos não foram claros no título e/ou resumo, assim, a autora verificou no texto o conteúdo que se tratava, para saber se, realmente era sobre o tema. A seguir, o gráfico da distribuição destas publicações entre os anos de 2008 a 2018:

Figura 1: Distribuição dos trabalhos publicados no ENEQ por ano



Fonte: Autora (2021).

É possível perceber no gráfico que, nos anos de 2008 e 2016 houve um número maior de publicações, o aumento significativo de trabalhos em 2016 pode estar associado ao acontecimento do acidente em Fukushima em 2011 e/ou ao centenário dos prêmios Nobels de Química e Física da cientista Marie Curie, pela descoberta da radioatividade e dos elementos químicos Rádio e Polônio, mas ainda há muito a se pesquisar sobre a temática, pois não existem publicações apenas tratando sobre resíduos radioativos e envolvendo outros conceitos e a abordagem CTS.

Silva e Baptista (2008), apresentam propostas de atividades sobre o tema radioatividade em uma abordagem histórico-cultural articulando com CTS. Os assuntos abordados foram contextos históricos e sociais trabalhando com as contribuições de Röntgen, de Becquerel e de Pierre e Marie Curie, período da guerra mundial, descoberta e avanços tecnológicos, questões ambientais, política e éticas, conceitos envolvendo o isolamento dos elementos, emissões, energia, os acidentes radioativos e aplicações da radioatividade. Os estudantes assistiram a vídeos, responderam a questionários, apresentaram seminários sobre alguns assuntos estudados, palestra com uma funcionária da CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), para auxiliar na contextualização da temática. Esse trabalho foi desenvolvido em uma turma de 2º ano de Ensino Médio, de forma interdisciplinar, com os professores das disciplinas de Química, História, Filosofia e Sociologia.

Jacob e Messeder (2012), também utilizaram a abordagem CTS, para trabalhar com o tema de radioatividade, mas o interessante neste texto foi que eles realizaram a aplicação com estudantes que moram no município de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro, onde está localizada a Usina Nuclear brasileira. Apesar dos alunos viverem em uma cidade que possui uma usina, eles não conseguiam articular o tema dentro do contexto socioambiental, como os autores afirmam. Assim, foram desenvolvidos para o 3º ano, materiais em forma de vídeos, abordando o assunto de radiações químicas, relacionado com temas sociais. As atividades foram por meio de aplicação de questionário e realização de debates. Costa, Melo e Marcelino (2016), apresentaram em seu trabalho alguns aspectos parecidos aos autores citados anteriormente, mas para a discussão dos conceitos, partiram do contexto social do estudante, a fim de melhorar a compreensão sobre os conteúdos que precisavam trabalhar.

Os autores Silvia e Soares (2008) e Morais e Oliveira (2008), contextualizaram os conceitos de radioatividade, trabalhando com o tema de acidentes radioativos,

abordando o acidente radiológico de Goiânia em 1987. Foram desenvolvidas atividades para alunos do ensino médio, para explicar este fenômeno, os aspectos positivos e negativos do uso da energia nuclear. Além disso, os autores Morais e Oliveira (2008), levaram os estudantes no local do acidente, para observarem os resíduos radioativos, além de utilizarem filmes, documentários e uma palestra para proporcionar maior entendimento sobre a temática, pois a falta de informação gerou um desastre ainda maior em Goiânia. Para discutir os conteúdos da química e articular com CTS, Vieira e Leal (2008), resolveram utilizar o filme “Césio 137 - Pesadelo de Goiânia” e evidenciar conceitos como ética, conflitos de interesses, impactos ambientais, consequências para o ser humano, relações entre ciência, tecnologia e sociedade, entre outros pontos.

No trabalho de Gonzaga *et al.* (2016), a metodologia usada foram os três momentos pedagógicos, para ajudar na compreensão das inter-relações entre os aspectos ciência-tecnologia-sociedade, usando como tema os acidentes radioativos. O modelo atômico de Rutherford, partículas alfa, beta e radiação gama, reação de decaimento, são alguns dos conteúdos estudados, além dos alunos produzirem gibis e documentários relacionados ao Césio-137, Chernobyl, bombas atômicas, Fukushima e aplicações de usinas nucleares.

Os autores Magela *et al.* (2016), Oliveira (2016), Rodrigues e Ribeiro (2016), e Vecchio *et al.* (2014), realizaram suas pesquisas sobre o enfoque CTS e o tema de energia nuclear, aplicando atividades como questionários, experimentos, filmes, seminários e debates. O trabalho da Vecchio *et al.* (2014), desenvolveu uma oficina temática sobre o tema energia, na qual foram discutidas as fontes de energia hidrelétrica e nuclear, utilizando os três momentos pedagógicos e finalizando com um Júri Químico. Os alunos foram divididos em grupos para argumentar e defender suas concepções sobre qual o tipo de energia seria a mais adequada.

As pesquisas encontradas neste levantamento bibliográfico trazem contribuições positivas para o ensino e aprendizagem dos conceitos envolvidos no tópico de radioatividade. Contudo, apenas um trabalho realizou o Júri Químico fazendo com que os alunos realizassem um confronto, pois eles precisavam saber argumentar e defender suas ideias, usando o conhecimento científico e fazendo uma inter-relação entre ciência, tecnologia e sociedade, levando em consideração questões políticas, éticas, sociais e ambientais para convencer que sua energia era a

que valeria a pena, assim, o aluno passa a ter um papel ativo em sua aprendizagem e o professor é o mediador deste processo.

A partir do levantamento bibliográfico realizado na área de Educação Química de abrangência nacional, com busca nos anais do evento e em uma revista, constatou-se que o ENEQ tem um maior número de publicações comparado com a QNEsc. Neste sentido, a pesquisa deste trabalho evidenciou a carência de publicações sobre o tema que se pretende abordar neste TCC, contribuindo para os professores em formação acadêmico-profissional utilizem este estudo em suas aulas de Química.

2.2 O enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade

O ensino tem o intuito de auxiliar o aluno a compreender além da sala de aula, não é apenas aprender o conteúdo, mas adquirir o conhecimento para “ler o mundo” e transformá-lo (FREIRE, 1987). Neste aspecto, a alfabetização científica pode ser um fator a contribuir para uma educação mais comprometida com o sujeito, possibilitando realizar a leitura do mundo no qual vive, além de compreender a necessidade de modificá-lo em um lugar melhor (CHASSOT, 2003).

Na área da Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), apresenta que, no Ensino Médio, os estudantes necessitam desenvolver algumas competências específicas e habilidades nessa área. Na perspectiva de estudos referentes às relações entre matéria e energia, estão presentes os conceitos envolvendo o conteúdo de radioatividade (BRASIL, 2017). O documento propõe utilizar os conceitos para a discussão da “[...] avaliação de potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos” (BRASIL, 2017, p. 554). Como habilidades a BNCC enuncia:

Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica. (BRASIL, 2017, p. 555).

A contextualização dos conhecimentos científicos com os fenômenos da vida cotidiana do sujeito, pode ser trabalhada como o documento aponta da seguinte forma: “Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico

e tecnológico e suas implicações no mundo [...]” (BRASIL, 2017, p. 558), assim como “analisar e debater situações controversas [...]” e que “[...] com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista” (BRASIL, 2017, p. 558). Neste contexto, é possível evidenciar as propostas da BNCC utilizando abordagem temática radioatividade com enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS).

Segundo Santos e Mortimer (2000), a educação CTS proporciona uma reflexão crítica sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Podemos empregar o ensino CTS, através de uma abordagem temática, fazendo a educação da química ser comprometida com a cidadania, desenvolver no estudante o interesse referente aos assuntos sociais que estão relacionados à Química “[...] de forma que ele assuma uma postura comprometida em buscar posicionamentos sobre o enfrentamento dos problemas ambientais e sociais vinculados às aplicações da Química na sociedade” (SANTOS, 2011, p. 303).

Na discussão em sala de aula, sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade é necessário ampliar os seus significados porque são considerados os aspectos econômicos, políticos, sociais, culturais, éticas e ambientais, com o intuito da formação para a cidadania (SANTOS, 2007), preparando o sujeito para a compreensão do mundo social em que está inserido, além de desenvolver a capacidade de tomada de decisão com responsabilidade a partir de discussões de problemas da realidade, refletindo sobre tais questões, para o exercício consciente da cidadania, ou seja, a participação ativa dele, na sociedade (SANTOS; MORTIMER, 2000; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; SANTOS, 2011). Santos (2011), coloca que, o papel do professor nesse processo é trazer problemas e instigar os estudantes a debaterem sobre o assunto, buscando diferentes tipos de soluções, ou seja, é preciso o engajamento nas decisões.

As situações-problema são uma maneira de trabalhar em sala de aula o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos. Assim, é escolhido um tema que tenha significado social, diferentes opiniões sobre o tema e que tenha relação com a ciência e tecnologia (RAMSEY, 1993 *apud* SANTOS; MORTIMER, 2000). O tema é introduzido através de um problema, sobre o qual serão discutidas em sala de aula propostas, alternativas para sua resolução, pois o conteúdo científico, as aplicações tecnológicas envolvidas e consequências sociais já foram estudadas em outros momentos (SANTOS; MORTIMER, 2000), dessa forma, os educandos mobilizam

conhecimentos para organização dos argumentos necessários para debater sobre o tema em questão.

A elaboração da situação poderá ser fictícia ou não, mas de preferência que tenha analogias com contextos reais, em que os alunos serão organizados por meio de representantes de setores da sociedade envolvidos na resolução do caso, em forma de simulação de uma audiência pública. De acordo com Decreto nº 8.243, de 23 de maio de 2014, artigo 2º, é uma reunião pública realizada entre vários setores da sociedade e as autoridades públicas, para a discussão de questões de interesse coletivo, com a finalidade de buscar soluções aos problemas que prejudicam a sociedade. Durante a aplicação da situação-problema, segundo o autor Santos (2007, p. 6):

[...] vão emergir em sala de aula diferentes pontos de vista, que poderão ser problematizados mediante argumentos coletivamente construídos, com encaminhamentos de possíveis respostas a problemas sociais relativos à ciência e à tecnologia. Esse diálogo cria condições para a difusão de valores assumidos como fundamentais ao interesse social, aos direitos e aos deveres dos cidadãos, de respeito ao bem comum e à ordem democrática. (SANTOS, 2007, p. 6).

Com base nos autores que nortearam a discussão até o momento, a simulação de uma audiência pública, na qual os estudantes são engajados em setores da sociedade, é uma forma de trazer as questões relacionadas com o enfoque CTS. Nota-se que o ensino CTS abrange os aspectos que a BNCC aponta para serem trabalhos na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio. Desse modo, na próxima seção será dialogada a abordagem temática que orienta este trabalho, a radioatividade.

2.3 Abordagem temática: radioatividade

O estudo da radioatividade envolve múltiplos conceitos, aplicações e acontecimentos de acidentes que podem ser debatidos em sala de aula. Contudo, serão apresentados alguns pontos sobre a temática, além de mostrar eixos abordados durante os encontros.

De acordo com Brown e Holme (2015), o átomo é composto em seu centro por um núcleo, rodeado por uma nuvem de elétrons. O núcleo do átomo é formado por

partículas, os prótons (P) e os nêutrons (N). Os elétrons possuem cargas elétricas negativas, os prótons são carregados positivamente e os nêutrons não possuem carga. O número total de prótons e nêutrons de um determinado núcleo designa-se como o número de massa (A) do átomo. O número de prótons ou número atômico (Z), em um átomo específico, identifica o elemento químico. Dessa maneira, os átomos de mesmo número atômico e diferentes números de massas são denominados isótopos, como exemplo o núcleo do carbono, o C^{12} tem 6 prótons e 6 nêutrons, quando o carbono apresenta 6 prótons e 7 nêutrons, teremos o C^{13} e 6 prótons e 8 nêutrons o C^{14} .

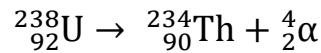
No núcleo atômico estão todos os prótons do átomo compactados em um pequeno volume. A maioria dos núcleos permanecem unidos, ainda que exista força de repulsão entre os prótons devido à carga positiva, pois os nêutrons favorecem para que a “força intensa” realize a união dos prótons e nêutrons no núcleo. Todavia, as forças de repulsão exercida entre os prótons, em alguns núcleos, excedem a força intensa, fazendo com que ocorra emissão de fragmentos dos núcleos, denominado de decaimento (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018).

Para que o núcleo dos átomos sejam estáveis, existe uma relação entre a quantidade de nêutron e a quantidade de prótons. A maioria dos elementos químicos, com número atômico superior a 83, são considerados radioativos, pois conforme o número atômico aumenta, a razão entre o número de nêutron e prótons também aumenta no núcleo (CISCATO *et al.*, 2016). Nesse sentido, a propriedade que alguns átomos de elementos químicos como Urânio, Polônio, Césio e Rádio têm de emitir radiação espontaneamente é designado de radioatividade. O núcleo irá emitir energia com o propósito de estabilizar, dessa maneira, ele poderá emitir partículas alfa, partículas beta e ondas eletromagnéticas com alta energia, os raios gama. Os núcleos dos átomos podem se transformar em átomos de outros elementos químicos (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018; CISCATO *et al.*, 2016).

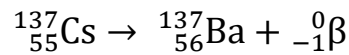
O átomo é considerado eletricamente neutro devido o número de prótons que se encontra dentro do núcleo ser igual ao número de elétrons na eletrosfera, assim as cargas são iguais e opostas anulando as cargas umas às outras, mas quando ocorre ionização promove-se uma quebra nessa neutralidade. As emissões alfa, beta e gama são consideradas radiações ionizantes porque quando reagem com a matéria têm energia suficiente para ionizar removendo elétrons dos átomos e moléculas,

transformando em íons ou radicais livres (BROWN; HOLME, 2015). A seguir serão explicitados os três tipos de radiações. Segundo Brown e Holme (2015):

α → São partículas pesadas, com carga elétrica positiva, constituídas de 2 prótons e 2 nêutrons (como um núcleo de hélio). Quando um átomo emite partícula alfa, o número de massa diminui em 4 e seu número atômico aumenta em 2.

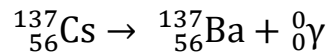


β → São partículas leves, com carga elétrica negativa e massa desprezível, semelhantes a elétrons. Quando um átomo emite uma partícula ${}_{-1}^0\beta$, o número atômico (Z) do átomo resultante aumenta 1 unidade e o número de massa (A) permanece constante.



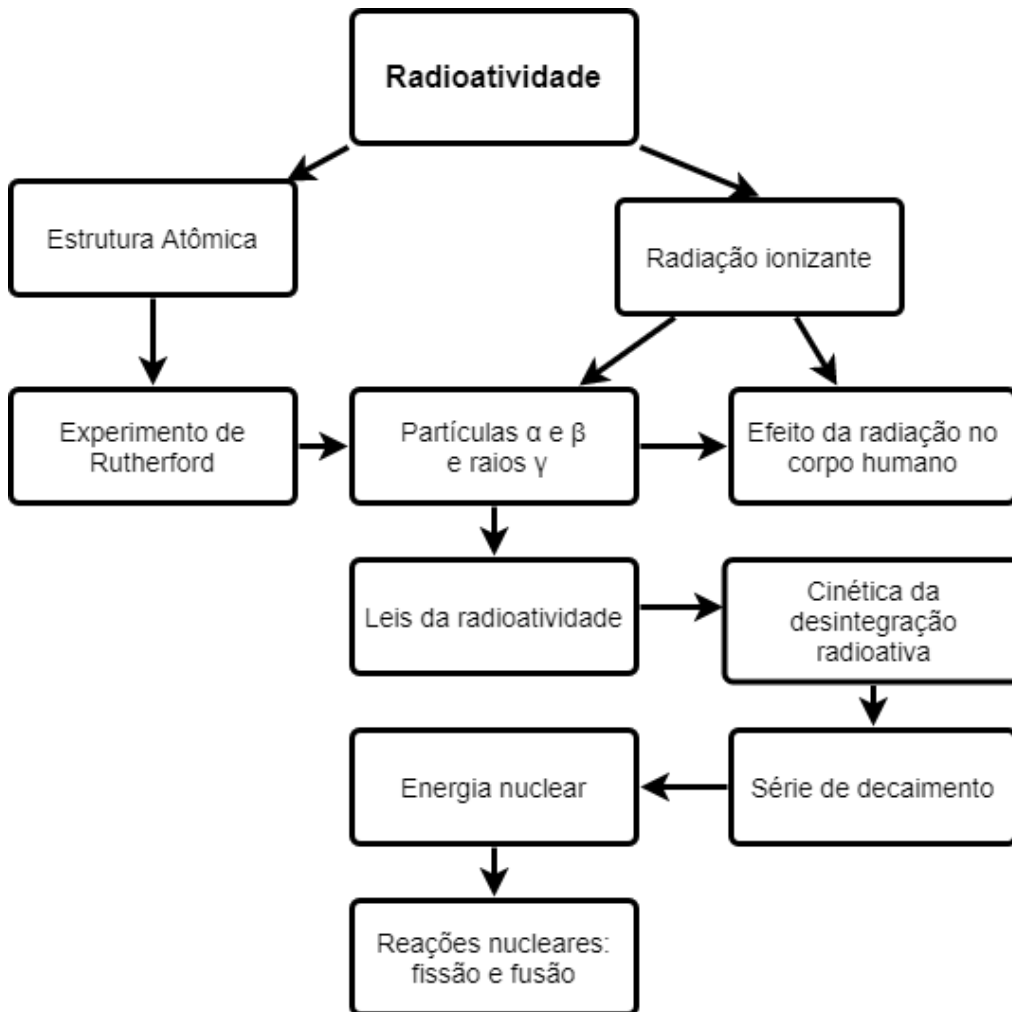
Na emissão de radiação beta, um nêutron de cada átomo é transformado em próton, conseqüentemente, o átomo obtido possui 1 próton a mais do que aquele que lhe deu origem.

γ → São radiações eletromagnéticas. Não possuem carga elétrica nem massa. É emitida após a emissão de partículas (alfa e/ou beta) por núcleos radioativos.



Cada uma dessas emissões possui um poder de penetração devido à radiação ser ionizante. Essa potência de penetração está associada à exposição à radiação que pode ocasionar possíveis riscos à saúde. As partículas alfa são barradas nas camadas mais externas da pele, ou seja, não atravessam uma folha de papel, mas causam algumas queimaduras leves. As partículas beta por serem menores, penetram na pele sem atingir órgãos internos, sendo mais agressiva que a radiação alfa, acarretando pequenas queimaduras. Podem ser barradas, por exemplo, madeira e placa de metal. Os raios gama por não possuírem massa nem carga são radiações extremamente rápidas, dessa maneira, são capazes de penetrarem o corpo. Para isso, são necessárias paredes espessas de concreto, chumbo ou aço que são materiais altamente densos (BROWN; HOLME, 2015; CISCATO *et al.*, 2016). A ilustração na figura 2 apresenta os assuntos explicados anteriormente e outros explorados sobre a radioatividade durante os encontros da aplicação deste trabalho.

Figura 2: Assuntos explorados sobre a radioatividade durante os encontros



Fonte: Autora (2021).

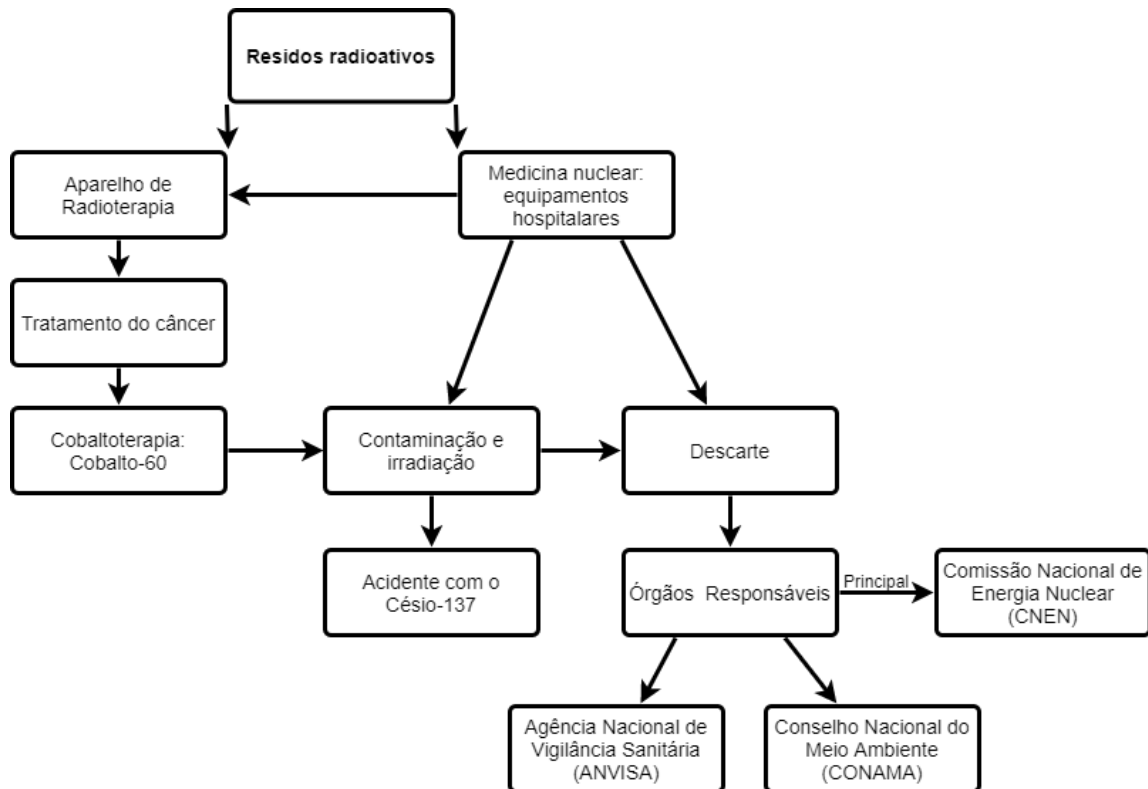
Como mencionado no início desta seção, a radioatividade tem aplicabilidade em diferentes setores da sociedade, através da utilização dos isótopos dos elementos químicos radioativos. Vejamos alguns exemplos: datação radioativa através do Carbono-14, medicina nuclear (Cobalto-60, Iodo-131), irradiação de alimentos (Césio-137) e reatores nucleares para a geração de energia (Urânio-235). Também houve acidentes envolvendo a radioatividade e a radiação, como o maior desastre ocorrido em uma usina nuclear (acidente radioativo), que está localizado na cidade de Pripjat, na União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, atual Ucrânia - o acidente de Chernobyl (1986). Houve uma grande explosão por conta de falhas humanas, e o Césio-137 (1987), o maior acidente radioativo acontecido no Brasil e no mundo, fora de usinas nucleares (CISCATO *et al.*, 2016, CARDOSO *et al.*, [2000?]). Nessa perspectiva, será discutido sobre como ocorreu o acidente envolvendo o Césio-137,

para orientar o contexto da situação-problema que será descrita no capítulo da metodologia.

O acidente teve início no dia 13 de setembro de 1987, em Goiânia, Goiás. Dois homens que eram catadores, na busca de um ferro-velho para vender, encontraram em um prédio abandonado de uma clínica de tratamento de câncer, uma fonte radioativa de Césio-137. O Césio-137 estava presente em um aparelho de radioterapia, para a blindagem contra as radiações, estava encapsulado, além do revestimento de uma caixa protetora de chumbo, contendo quase 20 g de Cloreto de Césio-137, um sal branco que, no escuro, brilhava emitindo uma luz de coloração azulada. O material foi vendido para um ferro-velho. Quando esse hospital foi desativado, os rejeitos radioativos não receberam o destino adequado, gerando em um desastre com centenas de vítimas, em decorrência da contaminação radioativa. Alguns dos sintomas por conta do efeito da radiação eram vômitos, diarreia e tonturas. Assim, foi solicitada à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), intervir na situação para solucionar os problemas, iniciando o processo de descontaminação, tratamento e destinação correta de todos os objetos contaminados (CISCATO *et al.*, 2016; CARDOSO *et al.*, [2000?]).

A medicina nuclear é uma área que utiliza a radiação emitida por átomos instáveis, para o diagnóstico e tratamento de doenças, por exemplo, o tratamento com radioterapia que usa o aparelho cobaltoterapia, sendo o isótopo radioativo Cobalto-60 (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018). A figura 3 mostra como se sucedeu o diálogo de alguns assuntos que estão relacionados aos resíduos radioativos direcionados para a área da saúde e ao acidente de Goiânia.

Figura 3: Assuntos explorados sobre os resíduos radioativos



Fonte: Autora (2021).

Na próxima seção, será relatado sobre o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), no qual foi realizada a aplicação da metodologia deste trabalho.

2.4 Formação de professores

Segundo o site da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)², o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), tem o propósito de promover a inserção dos graduandos de licenciatura que estão no início até a metade do curso, no contexto escolar para estimular a observação e reflexão sobre a prática docente fornecendo novas perspectivas aos participantes do projeto, além de permitir uma aproximação maior entre universidade e escola. Os profissionais que orientam os bolsistas, para a elaboração e desenvolvimento das atividades didático-pedagógicas e culturais na escola são o

² FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência.** Disponível em: <https://uab.capes.gov.br/educacao-basica/capespid>. Acesso em: 26 mar. 2021.

coordenador, docente da licenciatura da universidade, e o supervisor, um professor da escola.

Durante minha graduação, eu participei como bolsista do PIBID e percebi que o contato com a profissão desde o começo do curso, é de suma importância para a aprendizagem dos graduandos, pois o exercício da práxis docente fornece diversas experiências devido às partilhas de situações vividas na escola e na sala de aula. Experiências que são adquiridas na produção de materiais realizados em trabalho coletivo, entre supervisor e bolsista(s), o ato de ensinar alguém, exercendo a prática como professor e pesquisador na área de ensino, planejar e aplicar diferentes metodologias no objetivo de enriquecer a qualidade de ensino na escola, além do lado afetivo com os alunos, direção da escola e a supervisor do programa que ajuda a orientar os bolsistas. É importante o papel do supervisor neste processo de formação, pois ele tem mais experiências sobre o ambiente escolar, a prática docente e contribui de várias maneiras para o crescimento profissional do bolsista. Segundo Mello e Freitas (2019, p. 1):

[...]Buscamos promover práticas educativas realizadas entre professores(as) experientes e iniciantes, em parceria universidade e escola, para atingirmos objetivos comuns, na (re)construção do conhecimento e em proposições transformadoras da realidade. (MELLO; FREITAS, 2019, p. 1).

A universidade é o espaço de compartilhar essas vivências, o que foi desenvolvido, o que pode ainda ser, os problemas e os objetivos alcançados com o coordenador e os outros bolsistas do programa a fim de aperfeiçoar e contribuir para melhorar a prática através da reflexão e autorreflexão como Nóvoa (2011, p. 57) aponta:

A formação deve contribuir para criar nos futuros professores hábitos de reflexão e de auto-reflexão que são essenciais numa profissão que não se esgota em matrizes científicas ou mesmo pedagógicas, e que se define, inevitavelmente, a partir de referências pessoais. (NÓVOA, 2011, p. 57).

Ainda as autoras Mello e Freitas (2019), argumentam a importância do elo escola, universidade e licenciandos, a formação acadêmico-profissional de professores nomeada pelo professor Diniz-Pereira (2008):

[...] a partilha das situações da sala de aula da escola de Educação Básica, da Educação Superior e das experiências dos(as) licenciandos(as), mostra a riqueza presente na diversidade do coletivo em criar iniciativas conjuntas para o enfrentamento dos desafios do cotidiano escolar. (MELLO; FREITAS, 2019, p. 3).

Os estudantes em programas como estes têm a oportunidade de aprender sobre a docência, ou seja, “[...] uma formação de professores construída dentro da profissão” (NÓVOA, 2009, p. 9). Outro aspecto é sobre aprender com o outro, pois “quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender” (FREIRE, 1996, p. 25). Assim sendo, para a metodologia desenvolvida durante o ensino remoto foi necessário o uso de diferentes ferramentas digitais, para contribuir na dinâmica, como apoio no aprendizado e na obtenção de resultados para análise deste trabalho. Na seguinte seção serão discutidas as tecnologias da informação e comunicação (TIC).

2.5 Tecnologias da informação e comunicação

Devido às medidas adotadas para a prevenção e diminuição do contágio do *Corona Virus Disease-2019* (COVID-19), que é uma doença causada pelo Coronavírus (SARs Cov-2), as aulas foram suspensas desde março de 2020. Com isso, foram necessárias adaptações para a realização das atividades deste trabalho e a utilização das tecnologias da informação e comunicação (TIC), auxiliou no processo de ensino remoto que as universidades e escolas estão fazendo durante este período, para a continuação das aulas.

O ensino remoto ocasionou, automaticamente, a inserção das ferramentas digitais na educação, propiciando uma grande preocupação para os profissionais da área, que conforme Moran (2004, p. 1) “[...] as modernas tecnologias estão trazendo novos desafios pedagógicos para as universidades e escolas [...]” devido a muitos professores não usarem com frequência ou não terem conhecimentos aprofundados desses tipos de ferramentas para a aplicabilidade em sala de aula com o objetivo de facilitar a mediação e promover o ensino e aprendizagem de conteúdos. As terminologias de aulas síncronas e assíncronas foram tomando conta do espaço das universidades e escolas.

Neste trabalho, foram utilizados aplicativos que são *on-line* para facilitar o acesso dos estudantes, são eles:

- *Google meet*: serviços de comunicação em forma de vídeo.
- Formulários *Google*: criação e análise de questionários.
- *Mentimeter*³: criação de questões, no qual conseguimos obter um *feedback* em tempo real, denominado como nuvem de palavras.
- Ferramenta *Miro*⁴: construção de mapas mentais, diagramas e quadros com notas de maneira colaborativa.

A diversidade dos aplicativos foi com propósito de contribuir na ampliação do conhecimento deles para a formação dos futuros professores, mostrar formas que podem ser usadas em diferentes contextos, como Almeida (2003, p. 334) ressalta que “[...] Os recursos das TIC podem ser empregados para controlar os caminhos percorridos pelo aprendiz, automatizar o fornecimento de respostas às suas atividades e o *feedback* em relação ao seu desempenho”, além de promover uma autonomia nos alunos durante a realização das atividades e possibilitar uma interação maior entre aluno e professor e entre os próprios alunos nesse ensino que é de forma remota.

³ <https://www.mentimeter.com/>

⁴ <https://miro.com/>

3 METODOLOGIA

O presente trabalho apresenta como metodologia de pesquisa abordagem qualitativa, iniciando por um estudo teórico de pesquisa bibliográfica, e foi fundamentado nos princípios da fenomenologia, tendo como início uma interrogação sobre aquilo que queremos investigar, segundo Bicudo (2012, p. 20): “O que temos são interrogações que indicam para onde o olhar se dirige, focando o fenômeno em suas perspectivas e modos de apresentar-se, dando-se a conhecer”. Este estudo é orientado pela seguinte interrogação: O que se mostra sobre o estudo da temática radioatividade com enfoque CTS em um grupo de bolsistas do PIBID Física e Química da UNIPAMPA?

A temática radioatividade com enfoque CTS para a formação de professores foi desenvolvida através de uma sequência didática (SD), que Oliveira (2013, p. 39) designa SD como:

[...] um conjunto de atividades conectadas entre si, e prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para uma melhor dinâmica no processo ensino-aprendizagem. (OLIVEIRA, 2013, p. 39).

Nesse sentido, foi organizado a SD em cinco encontros de modo remoto, sendo um por semana, no período de fevereiro a março de 2021. A aplicação sucedeu com graduandos dos cursos de Química Licenciatura e Física Licenciatura da Universidade Federal do Pampa, campus Bagé, que participam como bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID). A amostra é constituída por vinte alunos, seis da Física e quatorze da Química, quatro coordenadores, dois do curso de Física e dois do curso de Química. Esta escolha foi ao encontro da interrogação e do objetivo geral da pesquisa: compreender o que se mostra sobre o fenômeno investigado, a radioatividade para os graduandos participantes do PIBID dos cursos de Química e Física.

No quadro 1, serão explicitados os objetivos das atividades desenvolvidas nos encontros. Os recursos e materiais utilizados foram: computador e/ou celular conectado à internet, serviço de comunicação *Google Meet*, *Miro*, *Mentimeter*, Formulário *Google*, vídeo e *slides* de apresentação. Os planos de todos os encontros estão presentes no Apêndice A.

Quadro 1 – Objetivos de cada encontro

(continua)

Encontros	Objetivos
1º	<ul style="list-style-type: none"> -Apresentar o Termo de consentimento Livre e Esclarecido para que todos os participantes sejam informados sobre o que se refere à pesquisa deste trabalho e que seus nomes não serão divulgados; -Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, por meio da aplicação de um questionário sobre o tema radioatividade.
2º	<ul style="list-style-type: none"> -Discutir as questões respondidas no formulário do primeiro encontro para a introdução do tema; -Relacionar o tema radioatividade com o contexto dos estudantes, como aplicações e os acidentes radioativos e radiológicos; -Dialogar sobre o desenvolvimento dos conhecimentos científicos, tecnológicos e o que eles influenciam na sociedade; -Entender a contribuição de alguns cientistas referente à descoberta da radioatividade; -Trabalhar os conceitos de radioatividade, lembrando a estrutura atômica e o experimento de Rutherford; -Apresentar e explicar a proposta da situação-problema para os estudantes.
3º	<ul style="list-style-type: none"> -Compreender os conceitos fundamentais relacionados ao estudo do tema, articulando-os com situações reais; -Discutir sobre os resíduos radioativos, abordando os riscos e impactos ambientais.
4º	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar uma reunião de forma assíncrona (videoaula), para a organização da atividade e esclarecimento de dúvidas; -Dialogar com os estudantes sobre o que seria uma audiência pública; -Indicar materiais que poderão ser consultados para as suas argumentações sobre a situação-problema; -Apresentar os recursos que poderão utilizar para a discussão das suas propostas.

Quadro 1 – Objetivos de cada encontro

(conclusão)	
5º	<ul style="list-style-type: none"> -Promover um debate, a partir da apresentação da simulação de uma audiência pública sobre a situação-problema com enfoque CTS que aborda a troca de equipamentos hospitalares; -Mediar no processo de construção de conceitos, instigando a participação e a reflexão dos alunos referentes aos temas abordados; -Dialogar com os alunos após o desenvolvimento e a aplicação da atividade; -Investigar o que será mostrado pelos estudantes sobre o tema e a SD desenvolvida a partir de um questionário.

Fonte: Autora (2021).

O primeiro encontro foi planejado para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema em estudo, a partir de suas experiências e vivências, além de conhecer os participantes do PIBID com o objetivo de elaborar as atividades dando procedência na SD. Neste sentido, foi aplicado um questionário (Apêndice B), para que os alunos respondessem, por meio da ferramenta Formulários *Google*.

A radioatividade é marcada por conta de vários acidentes envolvendo os isótopos de elementos químicos radioativos. Dessa maneira, o segundo encontro foi desenvolvido com o intuito de relacionar a abordagem temática com contextos reais para a construção dos conceitos que seriam estudados posteriormente. Para isso, foi utilizado a ferramenta *online Mentimeter*, questionando os estudantes sobre o que o termo radioatividade remetia a eles, dando início à discussão. Também a exposição de alguns acidentes radiológicos e radioativos, que aconteceram em decorrência de altas doses de radiação ou explosões de reatores nas usinas nucleares e a aplicabilidade dos isótopos radioativos na sociedade, para outros fins que contribuem para o desenvolvimento científico, tecnológico e social, como a datação do Carbono-14 para determinação da idade de plantas e animais, o uso na medicina para o diagnóstico e tratamento de doenças, a conservação de alimentos através da irradiação e indústria que utiliza materiais radioativos para a radiografia de peças.

Ainda no segundo encontro, foram feitas a apresentação e explicação da situação-problema (Quadro 2), que foi retomada no último encontro. A situação-

problema foi apresentada, para que os estudantes já fossem pensando sobre o assunto. O tema escolhido para resolução do problema foi a troca de equipamentos hospitalares, que é um assunto que propicia diferentes pontos de vista, através de sua abrangência, pois trata aspectos científicos, tecnológicos, sociais, políticos, econômicos e ambientais. A história fictícia busca a tomada de decisão sobre o descarte de um equipamento utilizado no diagnóstico e tratamento de doenças, um aparelho de radioterapia chamado cobaltoterapia, que contém o elemento químico Cobalto-60 que é radioativo. Assim, foi solicitado que os alunos se dividissem em setores da sociedade sendo eles: prefeitura, população, direção do hospital e órgãos fiscalizadores (CNEN) e co-fiscalizadores (ANVISA e CONAMA), para simular uma audiência pública.

Quadro 2 - Situação-problema sobre o tema radioatividade

(continua)

Troca de equipamentos hospitalares

Uma pequena cidade chamada Barão do Sul, com aproximadamente 20 mil habitantes, localizada a cerca de 300km da capital do estado, estava enfrentando um enorme problema devido à falta de equipamentos médicos para o diagnóstico e tratamento de doenças, por exemplo, um aparelho usado na radioterapia, tratamento com fontes de radiação, cujo nome é cobaltoterapia, utilizando o Cobalto-60, antes era usado o Césio-137, no tratamento contra o câncer.

O hospital regional, que atendia à população da cidade e arredores, encontrava-se em colapso por motivo de uma péssima direção, fazendo com que a manutenção das máquinas não fosse feita há algum tempo, acarretando deterioração de alguns aparelhos. Em decorrência, os moradores que dependem desse aparelho para o seu tratamento recorriam à capital e isso propiciou uma revolta entre eles. Assim, a sociedade foi até a prefeitura reivindicar seus direitos para que o prefeito tomasse uma atitude perante esta situação. Desse modo, a Prefeitura comprou os equipamentos que eram necessários para a saúde da população.

A direção do hospital entrou em contato com a Prefeitura de Barão do Sul, para organizar o descarte dos equipamentos antigos que estavam guardados no depósito do próprio hospital. Para isso a Prefeitura informou que o hospital

Quadro 2 - Situação-problema sobre o tema radioatividade

(conclusão)

precisaria pagar uma taxa no valor de R\$ 50 mil, para que ela consiga enviar esses materiais para o descarte de resíduos hospitalares. O órgão fiscalizador é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), sendo os co-fiscalizadores a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). De acordo com a Lei 10.308/2001, a CNEN é responsável pela destinação apropriada dos rejeitos radioativos ou lixo nuclear, ou seja, o seu recolhimento e armazenamento. Em virtude de o hospital estar passando por uma crise, a direção postou uma nota dizendo que não poderia arcar com as despesas das taxas para o descarte, e a Prefeitura disse que não iria se responsabilizar por essa situação. Assim, a população está sem o atendimento adequado para seus tratamentos e estão preocupados com a questão do descarte, que não foi resolvida, pois o hospital informou que iria se livrar do material de qualquer forma mesmo sendo o descarte ilegal. Os órgãos co-fiscalizadores viram a notícia que saiu no jornal e conversaram alertando para os riscos de contaminação que a falta de decisão poderá causar para a saúde de toda a população de Barão do Sul e para o meio ambiente. A população e os Órgãos estão preocupados caso ocorra alguma contaminação, sendo suas inquietações: quais procedimentos e cuidados precisam ser adotados caso aconteça uma contaminação? Quais doenças/sintomas as pessoas envolvidas desenvolvem? Como seria a descontaminação dos locais, materiais e objetos?

Para esclarecer essas questões e decidir o que será feito a respeito, foi agendada uma audiência pública em que foram convidados os seguintes representantes da sociedade:

- Prefeitura;
- População;
- Direção do hospital;
- Órgãos fiscalizadores (CNEN) e Co-fiscalizadores (ANVISA e CONAMA)

Fonte: Autora (2021).

O terceiro encontro foi planejado para a discussão de outros conceitos que seriam necessários para a resolução da situação-problema. O quarto encontro devido às tarefas e o horário não ser compatível para marcar as reuniões com os grupos de

cada setor. Foi produzida uma videoaula, para explicação e organização do último encontro, que seria a aplicação e a discussão da atividade desenvolvida, através de audiência pública, além do encerramento com outro questionário (Apêndice B), para que os estudantes respondessem sobre o que lhes marcou nesta SD e o que compreenderam, após o estudo sobre esse tema. Os atendimentos aos grupos também foram realizados pelo *Whatsapp*, na forma individual ou pelo próprio grupo, envolvendo todos os participantes desta pesquisa. O espaço foi usado para sanar dúvidas que surgiram sobre as atividades e o encaminhamento de materiais. As percepções de cada setor da sociedade representada pelos estudantes, após o debate, foram inseridas na ferramenta *on-line Miro*, com o intuito de contribuir na organização das argumentações a respeito da situação-problema, para que todos pudessem observar os pontos de vista de cada grupo.

A coleta de informações foi por meio da gravação dos encontros, dos registros dos alunos pelas suas participações em aula e das respostas dos questionários, além das atividades durante os encontros. Para a análise de dados e informações utilizaram-se alguns princípios da Análise Textual Discursiva (ATD), que consiste em descrever e interpretar no sentido de alcançar a compreensão do que se mostra sobre o fenômeno que está sendo investigado, ou seja, a procura por novos significados que vão emergir sobre a abordagem temática em estudo (MORAES; GALIAZZI, 2007).

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir da análise, de gravações dos encontros, das respostas dos questionários e da nuvem de palavras e na simulação de uma audiência pública, utilizando alguns princípios da ATD.

Os alunos foram identificados, pela autora, através da substituição dos seus nomes por elementos químicos cujos isótopos são considerados radioativos como Carbono, Fósforo, Iodo, Irídio, Polônio, Plutônio, Rádio, Radônio e Urânio. A ocorrência de repetição do elemento é a indicação referindo-se ao mesmo aluno.

4.1 Os encontros

Para identificar as concepções prévias dos graduandos em relação à temática, realizou-se um questionário no primeiro encontro. O formulário foi respondido por 16 alunos. A maioria respondeu estar cursando até o 5º semestre e apenas um estava no 7º semestre. Todos haviam escutado falar da radioatividade, no entanto, o acesso à informação foi pela internet e um aluno trabalha como técnico em radiologia. A questão quatro, que tratava de estudar o conteúdo no Ensino Médio, mostra uma separação, pois oito afirmam que sim e o restante responderam não. Todos consideram importante o cuidado com o descarte dos resíduos radioativos.

A compreensão dos estudantes pertinente à radioatividade, que corresponde à questão cinco, indica que há um entendimento do conhecimento científico. As palavras como partícula, onda, emissão, átomos, núcleo instável, decaimento, propriedade, espontaneidade e energia teve destaque em suas respostas. É possível observar a correlação do fenômeno com outros contextos e estabelecer conexões entre a palavra radiação e a radioatividade, apesar de algumas percepções apresentarem confusões. Destacam-se alguns apontamentos dos estudantes:

“A radioatividade está na água, no ar, na terra em tudo...”

“Alguns elementos químicos como o urânio são capazes de emitir radiações. O raio-X também é um exemplo”.

“Aqui, no Brasil, aconteceu um grande acidente radioativo que foi o do Césio-137”.

“Que é bastante utilizado no nosso cotidiano através de raio-X e também temos a radioatividade dos raios solares”.

Antes de iniciar a discussão do segundo encontro, os estudantes escolheram duas palavras associadas ao termo radioatividade e inseriram no aplicativo *Mentimeter* para a construção de uma nuvem de palavras apresentada na figura 4, a seguir:

Figura 4 - Nuvem de palavras das respostas dos estudantes



Fonte: Autora (2021).

Nota-se, na nuvem de palavras, que muitas respostas surgiram relacionadas ao termo. Os estudantes mostraram um conhecimento prévio sobre a temática, sendo que três palavras ganharam destaque, são elas: radiação, energia e raio-X. O câncer tem possibilidade de ser causado pela alta exposição à radiação ou no diagnóstico e tratamento de doenças, pois a palavra raio-X é apontada por eles. A maioria das palavras remete à radioatividade como algo “perigoso”, a qual provoca acidentes e doenças. O fato pode ser considerado devido às informações, que são disseminadas, serem atreladas ao acontecimento na usina de Chernobyl, que é outra palavra manifestada na nuvem.

As interações e inquietações, de forma síncrona, foram expostas em vários momentos durante os encontros. Conforme os assuntos eram discutidos emergiram curiosidades, dúvidas e inseguranças a respeito do tema. Em decorrência da conversa dos acidentes ocorridos, uma aluna questionou referente aos exames de mamografia e o receio da emissão da radiação em direção ao seu corpo. Percebe-se que, apesar de a nuvem de palavras abordar termos presentes no conteúdo de radioatividade há

ausência de certos entendimentos e diferenciações sobre os conceitos causando preocupações e que, nos encontros tentou-se debater que o feixe é direcionado na região que necessita da radiação para o tratamento, mas que isso é de forma segura, controlando a exposição da pessoa à radiação e existem órgãos que fiscalizam essa prática, o principal é a Comissão Nacional de Energia Nuclear. Quando a conversa dirigiu-se para o acidente do Césio-137, outra consideração trazida por eles foi que o Césio foi conhecido como o brilho da morte. No encerramento do encontro 2, em suas falas, ficou evidente a importância que as discussões propiciaram acerca dos assuntos.

Urânio: “Muito interessante que neste tempo em menos de duas horas, quantas informações. Este projeto é importante para a gente, nos leva a pensar em muitas coisas. Hoje nós fomos desde problemas nucleares a raio-X, muitas dúvidas sendo tiradas e esclarecidas. Em pouco tempo muitas colocações sobre o assunto”.

Rádio: “Gostei do tema, não tinha quase nenhum conhecimento sobre a radioatividade e eu achei bem interessante também e aprendi bastante e pretendo me aprofundar sobre o assunto, ler porque é bem interessante”.

A participação dos estudantes de maneira assíncrona, realizada no *WhatsApp*, demonstra o quanto eles estavam envolvidos com as atividades, pois perguntavam sobre como seria a situação-problema e solicitaram a postagem dos materiais e, até mesmo, a gravação do encontro final para assistirem novamente à simulação da audiência pública, além deles, no próprio grupo se organizaram para defender o seu setor, sendo que um dos setores criou outro grupo somente entre eles, para o planejamento e desenvolvimento da apresentação.

4.2 Simulação de uma audiência pública

A ordem de apresentação dos setores foi sorteada. O debate iniciou-se pelos estudantes que representavam os órgãos fiscalizadores. O grupo elaborou *slides* para expor suas argumentações e ideias para a resolução do problema. Percebe-se a articulação dos conhecimentos científicos estudados nos encontros, trazendo elementos como meia-vida, decaimento, radiação (partículas e o raios gama), doenças causadas pela contaminação dos isótopos o Cobalto-60 e o Césio-137, os

procedimentos sugeridos para o descarte correto de resíduos radioativos, além de outros aspectos que buscaram para melhorar suas propostas, citando os recipientes específicos, símbolo da radiação que deve estar inserido para a identificação, o local adaptado para o armazenamento, o uso adequado de equipamentos como vestimentas e luvas, além de seus respectivos descartes após a utilização. Em suas falas, são notórias as preocupações com contaminações, em virtude de que já aconteceram acidentes, além de todo o contexto que poderá ser atingido por uma negligência, conforme argumentam Carbono e Irídio:

Carbono: “Não pode ser descartado de qualquer jeito, porque pode ter muitos acidentes, inclusive já teve acidentes em relação a isso. Não pode ser descartado de qualquer jeito, principalmente no lixo normal. Pode afetar diversas áreas, desde a pessoa que vai catar o lixo na lixeira, até mesmo, a destinação final desse lixo comum que vai contaminar aquele lugar onde vai ser depositado esse lixo, no solo. De forma algum esse lixo deve ser descartado juntamente com os outros lixos”.

Irídio: “ter um descarte adequado para não acarretar a mortes”.

As percepções apontadas geram a compreensão e cuidado com outras pessoas que fazem parte da cadeia do descarte de lixo, pois sabemos que há pessoas que coletam, levam para o aterro. No local, temos catadores que vão vender algumas coisas e outros que irão à procura de alimentos. Tem-se animais presentes, também, sem contar com a contaminação ao meio ambiente que se pode causar. Desse modo, Carbono relata possíveis sugestões para melhorar esses problemas do hospital e prefeitura em relação a troca do equipamento.

Carbono: “É preciso fazer esse descarte, mas o hospital não tem como bancar e a prefeitura não quer se responsabilizar, mas a população precisa que isso venha acontecer. Como nenhum quer ser responsável por isso, talvez eles poderiam trabalhar juntos para que viesse fazer isso acontecer para o bem da sociedade”.

Em seguida, o grupo da direção do hospital se pronunciou em forma de diálogo para abordar suas ideias. O setor explicou como proceder, caso ocorra algum problema, se não for possível a retirada do equipamento de seu espaço, mas esse procedimento não é necessário ser feito, porque temos que tentar resolver antes que

ocorra um desastre. As reflexões dos participantes mostram que a CNEN poderia auxiliar, ou até mesmo, dividir o valor da taxa entre o hospital e a prefeitura.

O setor da população apresentou *slides* discutindo aspectos científicos referentes aos isótopos e assuntos explorados nos encontros, assim como os órgãos fiscalizadores, o grupo também fornece informações para a prevenção e entre outras considerações como aplicações benéficas que o Cobalto e o Césio proporcionam à sociedade, conforme evidenciado na frase do Fósforo: *“Na medicina através dos tratamentos oncológicos, as radioterapias através de radiações ionizantes”*.

A população reforça a importância da área da medicina para o tratamento de doenças, pois está precisando se deslocar para fazer suas radioterapias. O grupo realiza conclusões e as visões são precisas em relação aos seus direitos, ressaltando a taxa que é repassada aos municípios, pela própria CNEN, afirmando que há dinheiro em algum lugar, de acordo com as afirmações de Urânio e Rádio.

Urânio: “Lutamos para adquirir aparelhos novos para o tratamento de câncer, porque antes tínhamos que ir à capital para fazer o tratamento”.

Rádio: “O depósito intermediário onde o usuário paga uma taxa para a CNEN, esta taxa é passada para o município que realiza o depósito, portanto, gente o município recebe uma taxa, então ele tem recursos”.

Urânio: “Conforme relatado anteriormente devido a direção do hospital querer fazer o descarte de maneira errada ou de dizer que não pode, não tem condições de fazer e devido também não tomar providências em relação ao descarte de maneira correta, nós da população viemos pedir aos órgãos competentes para tomarem as providências necessárias para evitar esses danos maiores para o meio ambiente e, conseqüentemente, para a saúde de toda a sociedade. A população vem sempre ser a parte mais prejudicada, pois diante do impasse continua sem o tratamento de saúde adequado”.

Por fim, o grupo da prefeitura explicitou em *slides* suas propostas e ideias para amenizar os problemas. Para o debate forneceram informações e dados, apresentando estimativa de custo na compra de equipamentos, de qual local viria o dinheiro e como deveria ser gasto, ou seja, o destino das verbas. Esses dados foram coletados no *site* de uma prefeitura que eles escolheram, para conseguirem justificar o porquê de não querer arcar com os custos da taxa. Nota-se a preocupação da

prefeitura em esclarecer as dúvidas aos setores da sociedade e o comprometimento do governo com a situação. Também levaram o valor que corresponde a uma marca que produz aparelhos de radioterapia. A seguir, estão descritos alguns pensamentos do grupo:

Plutônio: “A prefeitura não pode destinar o orçamento da educação e salário dos servidores para a saúde, sabendo-se que é dever da prefeitura cumprir a destinação correta do dinheiro público. Esses materiais são radioativos e podem causar muitos danos à saúde da população. Até chegar à destinação correta não pode ficar esse tempo no hospital pela contaminação. A prefeitura vai ter que tirar de alguma área para fazer a destinação correta desse material para não causar danos”.

Polônio: “A prefeitura sabe que esse descarte tem que ser correto e incentiva mesmo não sendo responsabilidade da prefeitura exigindo essa taxa de cobrança. Mas como já havia falado, teve um investimento muito alto nos equipamentos. 15% a prefeitura tem que destinar para a saúde. A prefeitura não vai destinar o dinheiro só para o tratamento de radioterapia. A secretaria da saúde tem outras ações como: saúde da mulher, saúde bucal, atenção psicossocial, materno infantil. Além da radioterapia a prefeitura tem outras ações e também é importante falar aqui para entender o porquê a prefeitura não tem que destinar só para o tratamento de radioterapia, ela tem que dedicar para outras ações”.

Cabe evidenciar que, o setor fez um questionamento de quem seria o responsável pelo descarte de rejeitos radioativos e para argumentar usaram a Lei do órgão que co-fiscaliza, a CONAMA. Entretanto, com o intuito de ajudar, a prefeitura resolveu elaborar um projeto envolvendo outras pessoas para minimizar os impactos e turbulências que estão acontecendo na cidade de Barão do Sul. Em suas falas, destacam:

Polônio: “A responsabilidade é dos estabelecimentos de saúde, cabendo aos mesmos, o gerenciamento dos seus resíduos desde a geração até a disposição final”.

Plutônio: “A prefeitura se disponibilizou a elaborar um projeto, acionando o apoio do estado, assim como apoio de municípios vizinhos cujo objetivo do projeto seria baratear as taxas de impostos, para o descarte de rejeitos radioativos e solucionar os problemas atuais do hospital”.

Se faz necessário enfatizar o envolvimento de todos nas atividades propostas, ou seja, o seu engajamento e comprometimento em encontrar possíveis soluções, ressaltando que os conhecimentos trazidos pelos grupos foram além daqueles explorados durante os encontros, bem como os materiais disponibilizados. A busca de informações específicas, assim como os confrontos abordados em discussão, relacionando aspectos econômicos, sociais, políticos, culturais, ambientais e éticos, essa ampliação de significados do papel da ciência e da tecnologia na sociedade reforça as ideias de autores como Santos e Mortimer (2000), Santos e Schnetzler (2010) e Santos (2011).

Neste contexto, após as apresentações, os estudantes do grupo do PIBID, que estavam divididos em setores da sociedade, inseriram as argumentações e pontos de vista que salientaram serem importantes para a defesa do seu setor na ferramenta *Miro*. A seguir na figura 5 serão mostradas as considerações realizadas por eles.

Figura 5 - Anotações dos estudantes na ferramenta *Miro*

Prefeitura	População	Direção do hospital	Órgãos: CNEN, ANVISA e CONAMA
<p>Responsável pelo descarte de rejeitos radioativo</p> <p>estabelecimentos de saúde: gerenciamento dos seus resíduos desde a geração até a disposição final.</p> <p>A prefeitura não pode destinar o orçamento da educação e salário dos servidores para a saúde, sabendo-se que é dever da prefeitura cumprir a destinação correta do dinheiro público.</p> <p>o investimento da prefeitura foi alto, levando em conta que somente 15% do orçamento é para a saúde. → 35 milhões</p> <p>Qual é a gestão financeira do hospital?</p> <p>PLANO DE AÇÃO</p>	<p>Petição aos órgãos competentes;</p> <p>Ofício a Prefeitura</p> <p>Responsabilidade dos órgãos</p> <p>Projeto? atendimento no tratamento</p> <p>Taxa que é repassada para o município</p> <p>Direção do hospital e prefeitura conversaram sobre?</p>	<p>Devido a situação problemática do Hospital em questão das verbas, e ter que de alguma forma fazer esses descartes, e para não haver nenhum dano a população, então pedimos ajuda aos órgãos competentes que nos ajude com as verbas para fazer esse descarte de maneira correta.</p>	<p>Como órgãos fiscalizadores o nosso papel é ajudar, mas é preciso um consenso entre direção do hospital e prefeitura para que possa ser feito o custeio desse descarte, até para que não haja um descarte irregular e se caracterize como crime ambiental e venha acarretar em multas e possíveis restrições.</p>

Fonte: Autora (2021).

É possível observar que, os participantes tentaram pontuar elementos essenciais dos pontos de vistas de cada setor que foram explicados em suas apresentações para que eles pudessem compreender o todo e procurar soluções para a situação. Os pensamentos e reflexões contínuas na simulação da audiência estão

relacionados ao descaso com a sociedade e a responsabilidade frente aos problemas como mostrada nas falas a seguir:

População (Urânio): *“Esse projeto que vai para o estado, governo para solicitar verbas, quanto tempo demora um projeto?”*

População (Rádio): *“Ninguém quer se responsabilizar, sempre a população é a parte mais prejudicada”.*

População (Radônio): *“O que não pode ficar um empurrando para o outro uma coisa perigosíssima. A gente tem que ver a responsabilidade de cada um para não extrapolar”.*

Órgãos (Carbono): *“Não vejo nós como esse poder, precisamos algo que venha de cima de nós”.*

Prefeitura (Polônio): *“O hospital já deveria ter identificado esse problema e ter repassado para a prefeitura antes de um investimento tão alto”.*

No decorrer das discussões, surgiram dúvidas dos aspectos referentes aos setores públicos e privados. Neste ponto, evidencia-se a potência de uma situação-problema, com enfoque CTS como provocadora, problematizadora de saberes que vão além de qualquer componente curricular como Química ou Física, de acordo com a fala de Rádio:

Rádio: *“Eu também tinha ficado com a mesma dúvida do Polônio sobre o hospital ser privado ou público. Mas eu acho que é o seguinte: o hospital sempre recebe, do SUS, de planos ou de forma particular.*

O grupo da direção do hospital, com o propósito de contestar as críticas dos outros setores, trouxe a interpretação de algo do senso comum, a partir do que escutamos ou lemos na mídia, ou seja, os significados de saberes populares que existem no cotidiano da sociedade, conforme argumenta Iodo:

Iodo: *“Como é um hospital do SUS muitas verbas não estão sendo repassadas e o que a gente tem na verdade em prol do acesso ao atendimento e que usamos para conter as necessidades básicas”.*

Os estudantes, a partir dos diferentes pontos de vista que emergiram, propuseram possíveis soluções para o problema que aflige a todos da sociedade, construindo os argumentos de forma coletiva, em concordância com Santos (2007). No quadro 3 encontra-se a tomada de decisão de cada setor pertinente à situação-problema.

Quadro 3 – Tomada de decisão dos grupos

(continua)

Representantes da sociedade	Tomada de decisão
População	<p><i>Diante da situação, não sei de Barão do Sul, mas já estou vendo todo o contexto, a população vai subir e descer a Sete de Setembro, a população vai chamar a imprensa, rádio, televisão, vai pedir uma audiência, vai entrar em contato com esses grupos para entrar em contato com o ministério, porque continua esse impasse. Como representante convido a todos a subir a Sete de Setembro para fazer o manifesto, fazer petição, fazer o que tiver que ser feito. Se for esperar por projeto...</i></p> <p><i>Todos nós seremos prejudicados. O pessoal dos órgãos são população, o pessoal do hospital é população, o pessoal da prefeitura é população, e se acontecer uma contaminação a população toda poderá ser prejudicada. Todos nós somos população e precisamos que esse descarte seja realizado da maneira correta.</i></p>
Prefeitura	<p><i>Vai disponibilizar recursos para fazer o tratamento em outra cidade.</i></p>
Direção do hospital	<p><i>O plano de ação vai demorar muito... Estamos de acordo com a população, para chamar a atenção fazendo esse manifesto.</i></p>

Quadro 3 – Tomada de decisão dos grupos

(conclusão)

Órgãos fiscalizadores e co-fiscalizadores	<i>Super válido o que a população está querendo fazer, é um direito. Nós iremos cumprir o nosso papel que é fiscalizar, auxiliar. O plano de ação da prefeitura e da população é super válido. Esse ato da população é um direito, tem que cobrar os governantes. Que venha acabar tudo da melhor forma possível.</i>
---	---

Fonte: Autora (2021).

Na tomada de decisão, por parte do setor da população, imaginou-se o contexto em que estão inseridos, como seria se fosse à cidade em que residem. Para Santos (2011), o desenvolvimento da participação do sujeito proporciona seu engajamento nas decisões da cidade. A percepção da influência que a mídia tem na sociedade, pois foi a forma que encontraram de “chamar a atenção” para o problema, como diz a direção do hospital. Além da compreensão da palavra sociedade, que emergiu em suas falas, independentemente dos setores que representamos, todos fazem parte da população.

Neste sentido, as respostas da primeira questão do segundo formulário mostram a palavra aprendizado em grande evidência, referindo-se à importância de cada setor na sociedade, o interesse em estudar a temática e sua relevância, as conversas e os debates nos encontros, a luta pelos direitos e saberes, conhecimento sobre o tema, para que não aconteça um desastre em decorrência de descarte ilegais.

Nas respostas da segunda questão, são apresentados os conhecimentos científicos relacionados à radioatividade, as tecnologias envolvidas pelas aplicações das radiações em equipamentos e o descarte de rejeitos radioativos. Santos (2011) pontua que, para a tomada de decisão é necessário que os sujeitos compreendam os conceitos científicos relacionados à temática, a alfabetização científica (CHASSOT, 2003).

A interpretação e compreensão do que se mostrou sobre o fenômeno investigado foram as categorias emergentes a respeito da importância e necessidade de se conhecer mais sobre radioatividade, os aspectos científicos e tecnológicos relacionados a ela, ou seja, a busca por informações acerca do assunto, o entendimento da utilização da radiação e dos equipamentos com responsabilidade e o descaso com a sociedade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trabalho de conclusão apresentado, investigou-se uma sequência didática planejada, a partir da abordagem temática radioatividade com enfoque CTS, em que se buscou compreender o que se mostra sobre o fenômeno investigado, a radioatividade para os graduandos participantes do PIBID dos cursos de Química e Física, e a pergunta deste TCC, o que se mostra sobre o estudo da temática radioatividade com enfoque CTS em um grupo de bolsistas do PIBID Física e Química da UNIPAMPA?, os bolsistas do núcleo Física e Química, mostraram que conseguiram ampliar os significados do papel da ciência e tecnologia na sociedade, pois os aspectos econômicos, políticos, sociais, culturais, éticos e ambientais são evidenciados no decorrer do debate da situação-problema. Além da tomada de decisão de forma consciente, ou seja, a partir de diferentes pontos de vista, conseguiram tomar um posicionamento para o bem comum, demonstrando que houve a compreensão dos conhecimentos científicos referentes à temática.

Notou-se, também, a modificação da concepção de que a radioatividade e a radiação são apenas prejudiciais para à sociedade e ao ambiente. Os estudantes perceberam que a falta de informação a respeito do tema, ou o mau uso podem acarretar a aspectos negativos. Diante dos resultados, as categorias emergentes que se mostraram pertinentes ao fenômeno investigado foram a relevância e necessidade de se entender mais sobre a abordagem temática da radioatividade, seus aspectos científicos e tecnológicos, o conhecimento da utilização da radiação e dos equipamentos de maneira responsável e a desconsideração com a sociedade.

A partir deste TCC, percebe-se a importância do planejamento e do desenvolvimento de aulas com abordagens temáticas e enfoque CTS, como promotoras de debates, de busca por informações e conhecimento científico, da construção de argumentos e da percepção das responsabilidades sociais de cada setor, independentemente do nível de ensino em que sejam trabalhados e, fundamental, na formação de professores.

O estudo da radioatividade pode ser abordado em diferentes perspectivas, como sugestão para trabalhos futuros, a sequência didática pode ser elaborada e desenvolvida em mais encontros, pois devido aos prazos, disponibilidade de tempo e a pandemia, optou-se por realizar menos atividades para ser possível a aplicação.

Entretanto, é interessante explorar outros eixos que também são importantes para a compreensão desse universo que é a radioatividade.

Após as reflexões das análises dos resultados, para considerações a serem abordadas futuramente, pretende-se entender as percepções dos bolsistas do PIBID, enquanto futuros professores, referente a utilização da abordagem CTS e situações-problema em suas aulas e, as reflexões acerca do seu significado para o ensino e aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini de. Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 327-340, jul./dez. 2003. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/298/29829210.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

ARAÚJO, Daniel Ferreira; MÓL, Gerson de Souza. A radioquímica e a idade da Terra. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 164-171, ago. 2015. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_3/03-QS-07-13.pdf. Acesso em: 13 jan. 2021.

ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de química questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018. *E-book*. ISBN 9788582604625.

BICUDO, Maria Aparecida Viggiani. A pesquisa em educação matemática: a prevalência da abordagem qualitativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 5, n. 2, p. 15-26, 2012. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1185/840>. Acesso em: 25 mar. 2021.

BRASIL. Decreto - Lei nº 8.243, de 23 de maio de 2014. Institui a Política Nacional de Participação Social - PNPS e o Sistema Nacional de Participação Social - SNPS, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 26 maio 2014. CONJUNTURA ECONÔMICA. Rio de Janeiro: FGV, v. 38, n. 9, set. 1984.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 22 fev. 2021.

BROWN, Lawrence S. HOLME, Thomas A. **Química geral aplicada à engenharia**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. *E-book*. ISBN 9788522122745.

CARDOSO, Eliezer de Moura et.al. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Apostila educativa**: Radioatividade. [2000?]. Rio de Janeiro. Disponível em: https://portalnuclear.cnen.gov.br/Material_didatico/apostilas/radio.pdf. Acesso em: 2 de fev. 2021.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbedu/n22/n22a09.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2021.

CISCATO, Carlos Alberto Mattoso; PEREIRA, Luis Fernando; CHEMELLO, Emiliano; PROTI, Patrícia Barrientos. **Química**. 1. ed. São Paulo: Moderna, v. 3, 2016.

COSTA, Rafael de Oliveira; MELO, Isis Leal; MARCELINO, Valéria de Souza. Radioatividade em aulas de química: uma abordagem CTS. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0381-3.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2021.

DINIZ-PEREIRA, Júlio Emílio. A formação acadêmico-profissional: compartilhando responsabilidades entre as universidades e escolas. In: TRAVERSINI, Clarice *et al.*(org.). **Trajetórias e processos de ensinar e aprender: didática e formação de professores**. 1. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, v. 1, 2008, p. 253-267.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática docente**. 19. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência**. Disponível em: <https://uab.capes.gov.br/educacao-basica/capespibid>. Acesso em: 08 mar. 2021.

GONZAGA, Anderson Martins; DINIZ, Anna Kelly da Costa; LACERDA, Nília Oliveira Santos; SILVA, Valmir Jacinto da; QUEIROS, Wellington Pereira de. Acidentes radioativos: alunos protagonistas do processo de ensino-aprendizagem por meio da educação CTS. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1633-2.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2021.

JACOB, Luiz Felipe Rebello; MESSEDER, Jorge Cardoso. Radioatividade a partir de vídeos educativos: propostas para aulas de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 16., 2012, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7821/5546>. Acesso em: 13 jan. 2021.

LIMA, Rodrigo da Silva; PIMENTEL, Luiz Cláudio Ferreira; AFONSO, Júlio Carlos. O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX, 2011. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 93-99, maio 2011. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_2/04-HQ10509.pdf. Acesso em: 12 jan. 2021.

MAGELA, Wesley Falcão; OLIVEIRA, Brenda Tavella; SILVA, Valmir Jacinto da; LACERDA, Nília Oliveira Santos. Análise de questionários aplicados por bolsistas do PIBID aos alunos do Ensino Médio de uma escola pública sobre o tema energia nuclear com base no enfoque CTSA. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0115-2.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2021.

MELLO, Elena Maria Billig; FREITAS, Diana Paula Salomão de. Formação acadêmico-profissional de professores(as). **Formação Docente – Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores**, v. 11, n. 20, p. 195-200, jul. 2019. Disponível em: <https://revformacaodocente.com.br/index.php/rbpf/article/view/215/199>. Acesso em: 08 mar. 2021.

MERÇON, Fábio; QUADRAT, Samantha Viz. A radioatividade e a história do tempo presente. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 1, n. 19, p. 27-30, maio 2004. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc19/a08.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2021.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

MORAIS, Weberson de Oliveira; OLIVEIRA, Alessandro Silva de. Césio 137, duas décadas de preconceito, dúvidas e falta de informação na educação de Goiânia. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0245-2.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2021.

MORAN, José Manuel. Os novos espaços de atuação do professor com as tecnologias. **Revista Diálogo Educacional**, [S.l.], v. 4, n. 12, p. 13-21, jul. 2004. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/6938/6818>. Acesso em: 15 fev. 2021.

NÓVOA, António. **O regresso dos professores**. Pinhais: Melo, 2011.

NÓVOA, António. Para uma formação de professores construída dentro da profissão. *In*: Nóvoa, Antônio. **Professores: imagens do futuro presente**. Lisboa: Educa, 2009.

OLIVEIRA, Gabriela Sant'Anna de. Estudo da energia nuclear com o enfoque CTS: análise de uma abordagem diferenciada em sala de aula. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1870-1.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2021.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

RODRIGUES, Bruno César dos Reis; RIBEIRO, Malvina Maria de Carvalho. Sequência didática interdisciplinar com enfoque CTSA para o estudo da radioatividade e energia nuclear. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1257-2.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2021.

SILVA, Luciana da Cruz Machado da; BAPTISTA, Joice de Aguiar. Relato de uma proposta de ensino concebida e vivenciada sobre o tema radioatividade. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0853-1.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2021.

SILVA, Renato Cândido da; SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. Concepções dos alunos de Ensino Médio sobre o tema energia nuclear: benefícios, malefícios e o acidente radiológico de Goiânia. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0122-1.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2021.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. A Química e a formação para a cidadania. **Educación Química**, México, v. 22, n. 4, p. 300-305, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v22n4/v22n4a4.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2021.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência e Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, p. 1-12, 2007. Disponível em: <http://files.gpecea-usp.webnode.com.br/200000358-0e00c0e7d9/AULA%206-%20TEXTO%2014-%20CONTEXTUALIZACAO%20NO%20ENSINO%20DE%20CIENCIAS%20POR%20MEI.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2021.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v2n2/1983-2117-epec-2-02-00110.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2021.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em Química**: compromisso com a cidadania, 4. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2010.

VECCHIO, Patrícia; MARCOLINI, Giovana Aparecida; BERTOLDO, Leticia Alana; STANZANI, Enio de Lorena. Energia: o que vale a pena?. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 17., 2014, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2014, p. 103-113. Disponível em: http://www.s bq.org.br/eneq/xvii/anais_xvii_eneq.pdf. Acesso em: 15 jan. 2021.

VIEIRA, Taciana Valéria de Almeida; LEAL, Murilo Cruz. Césio-137, cinema e educação científica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0305-1.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2021.

APÊNDICE A - PLANOS DE AULAS DOS ENCONTROS

Plano de aula 01

1- Conteúdo: Radioatividade

2- Objetivos:

- Apresentar o Termo de consentimento Livre e Esclarecido para que todos os participantes sejam informados sobre o que se refere à pesquisa deste trabalho e que seus nomes não serão divulgados;
- Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, por meio da aplicação de um questionário sobre o tema radioatividade.

3- Materiais e Métodos:

O encontro se dará através de uma metodologia dialogada. Os recursos didáticos utilizados para o desenvolvimento da aula serão: computador conectado à internet, serviço de comunicação *Google Meet* e Formulário *Google*.

4- Metodologia:

Introdução:

O encontro será iniciado com a apresentação da professora e uma conversa sobre o que seria esta pesquisa e sua aplicação. Após, será discutido o termo de consentimento (ANEXO 1) com o intuito da autorização por parte dos discentes para a utilização das respostas dos questionários e gravação dos encontros. Por fim, será aplicado um questionário no formulário *Google* para a identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes.

Desenvolvimento:

As questões do questionário estão descritas a seguir:

1. Já ouviu falar sobre radioatividade?
() Sim () Não
2. Em qual meio você ouviu falar?
3. Você estudou o conteúdo de radioatividade no Ensino Médio?
() Sim () Não

4. O que você compreende sobre radioatividade?
5. Você considera que devemos ter algum cuidado com o descarte dos lixos radioativos?

() Sim () Não

5- Fechamento:

O encontro será finalizado com eventuais dúvidas que possam surgir sobre o desenvolvimento e aplicação das atividades.

6- Avaliação:

Os alunos serão avaliados por meio das respostas do questionário.

Plano de aula 02

1- Conteúdo:

Estrutura atômica e experimento de Rutherford, História da Radioatividade, Radioatividade, Radiação, Contaminação e Irradiação.

2- Objetivos:

- Discutir as questões respondidas no formulário do primeiro encontro para a introdução do tema;
- Relacionar o tema radioatividade com o contexto dos estudantes, como aplicações e os acidentes radioativos e radiológicos;
- Dialogar sobre o desenvolvimento dos conhecimentos científicos, tecnológicos e o que eles influenciam na sociedade;
- Entender a contribuição de alguns cientistas referente à descoberta da radioatividade;
- Trabalhar os conceitos de Radioatividade, lembrando a estrutura atômica e o experimento de Rutherford;
- Apresentar e explicar a proposta da situação-problema para os estudantes;

3- Materiais e Métodos:

O encontro se dará através de uma metodologia expositiva e dialogada. Os recursos didáticos utilizados para o desenvolvimento da aula serão: computador conectado à internet, serviço de comunicação *Google Meet*, *Slides* de apresentação, *Mentimeter* e Imagens.

4- Metodologia:

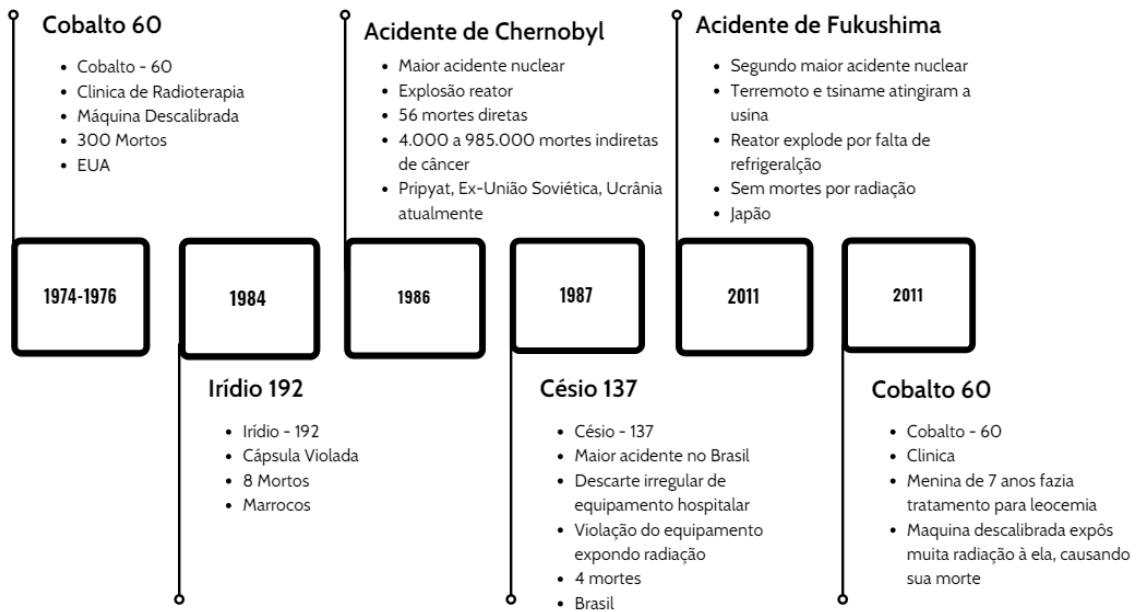
Introdução:

Antes de iniciar a aula expositiva e dialogada, será solicitado para os estudantes que acessem a atividade no *Mentimeter*, que consiste em responder a seguinte pergunta: escreva duas palavras que você associa ao termo radioatividade para introduzir a discussão sobre o tema. Na sequência será conversado com o grupo sobre as respostas das questões respondidas por eles no primeiro encontro para contextualizar e introduzir o estudo do tema.

Em seguida, será exposto o conteúdo de radioatividade a partir de aplicações de materiais radioativos, articulando com aspectos científicos, tecnológicos e sociais. Logo após, será abordado a descoberta da radioatividade e os conceitos de radioatividade, lembrando a estrutura atômica e o experimento atômico de Rutherford. Também, sugerir para que os alunos assistam ao filme “Césio 137 - Pesadelo de Goiânia” e/ou documentário - O brilho da morte: 30 anos do césio 137 para contextualizar melhor o tema. Por fim, a apresentação e explicação da situação-problema que será retomada no último encontro.

Desenvolvimento:

Para discutir sobre os acidentes ocorridos envolvendo radioatividade e radiação será apresentado a seguinte linha do tempo:



Fonte: Autora (2021).

Qual a diferença entre acidente radioativo e radiológico?

- Acidente radioativo: Material radioativo como objetivo para a obtenção de energia ou para pesquisa, chamamos de acidentes radioativos. Exemplo: Usina Nuclear de Chernobyl (retirado: canal Brasil Escola. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KG5qYLpoR8Y>)
- Acidente radiológico: Materiais que ocasionou acidentes e era utilizado para qualquer outro fim. Exemplo: Césio-137 (retirado: canal Brasil Escola. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KG5qYLpoR8Y>)

O maior acidente radioativo do acontecido no Brasil e no mundo aconteceu foram de usinas nucleares. O acidente teve início no dia 13 de setembro de 1987, em Goiânia, Goiás. Dois homens que eram catadores na busca de um ferro-velho para vender, eles encontraram, num prédio abandonado de um antigo hospital (Instituto Goiano de Radioterapia (IGR)), um bloco metálico presente em aparelhos de radioterapia e venderam. O ferro-velho realizou o desmonte da peça, abriram e encontraram uma cápsula, revestida de uma caixa protetora de aço e chumbo, contendo quase 20 g de cloreto de césio-137, um sal branco que, no escuro, brilhava emitindo uma luz de coloração azulada. Quando esse hospital foi desativado, os rejeitos radioativos não receberam o destino adequado, gerando em um desastre com centenas de vítimas (retirado dos livros CISCATO *et al.*, 2016, FONSECA, 2014 e da apostila no site: www.cnen.gov.br).

Aplicações de materiais radioativos:

Os isótopos radioativos servem para diversas aplicações em nossa sociedade. Alguns exemplos: (retirado do livro CISCATO *et al.*, 2016; FONSECA, 2014; ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018; Artigo: COUTO E SANTIAGO, 2010; apostila no site: www.cnen.gov.br).

- **Datação radioativa:** O carbono-14 forma-se naturalmente no ar atmosférico quando nêutrons dos raios cósmicos colidem com núcleos de nitrogênio. Após, o carbono-14 reage com o oxigênio do ar e forma gás carbônico radioativo. As plantas utilizam carbono para fazer fotossíntese e os animais ingerem por meio da alimentação. Quando o organismo morre, o C¹⁴ deixa de ser repostado e a quantidade desse isótopo no organismo começa a decair. Por isso sabemos a idade das coisas, pois a partir do cálculo de meia-vida relacionam a quantidade de C¹⁴ restante e a quantidade que existe em uma espécie semelhante atual. Estudamos coisas que viveram até 60 mil anos atrás.
- **Medicina:** A Medicina Nuclear é a área da medicina em que são utilizados os radioisótopos, tanto em diagnósticos como em terapias. Radioisótopos administrados a pacientes passam a emitir suas radiações do lugar (no caso, órgão) onde têm preferência em ficar. Exemplo: iodo-131 que é usado no tratamento de câncer de tireoide. Tecnécio-99: é usado no estudo de exames de imagem do cérebro, pulmões e fígado. Diagnóstico: radiologia (raio X), radioterapia, quimioterapia, ressonância magnética.
- **Irradiação de alimentos:** A irradiação em frutas, legumes, cereais e frutos do mar, entre outros, vem sendo frequentemente usada com a finalidade de diminuir o número de micro-organismos causadores de seu apodrecimento, aumentando desta forma o tempo de estocagem e conservação (alimentos não preservados fazem mal à saúde). Tais alimentos são irradiados de forma controlada com raios gama provenientes de elementos radioativos (Cobalto-60 e Césio-137).

Irradiação é quando o corpo sofre uma exposição à radiação, podendo ocorrer à distância (sem necessidade de contato). Irradiar não é contaminar.

- **Indústria:** A aplicação de radioisótopos mais conhecida na indústria é a radiografia de peças metálicas ou gamagrafia industrial. Gamagrafia Impressão de

radiação gama em filme fotográfico. Os fabricantes de válvulas usam a gamagrafia, na área de Controle da Qualidade, para verificar se há defeitos ou rachaduras no corpo das peças. Exemplo: Aviões, nas asas e nas turbinas).

Descoberta da radioatividade: (retirado do livro FONSECA, 2014; apostila no site: www.cnen.gov.br; artigo - o despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX, produzido por LIMA, PIMENTEL E AFONSO, 2011).

Alguns cientistas que contribuíram para a descoberta da radioatividade:

- Wilhelm Korand Roentgen → 1895 → físico alemão → descobriu acidentalmente um novo tipo de radiação, o raio X. A propriedade do raio X é que eles produzem fluorescência em várias substâncias diferentes e sensibilizam chapas fotográficas e assim produzem imagens do interior do corpo humano. Ele utilizou na mão de sua esposa. Recebeu o prêmio Nobel em 1901. Raios X são radiações, ondas eletromagnéticas de alta energia e resultam da colisão entre elétrons, ou seja, originam-se fora do núcleo. Os aparelhos de Raios-X não são radioativos. Só emitem radiação quando estão ligados, isto é, em operação.
- Antonie Henri Becquerel → 1896 → Físico francês → ficou interessado pelos trabalhos de Roentgen com sais de urânio → descobriu que esse elemento emitia espontaneamente uma radiação que era semelhante ao raio X que impressionava o filme fotográfico.
- Pierre Curie → 1898 → físico francês pioneiro nos estudos sobre a radioatividade e sua esposa Marie Curie. Descobriram que a radiação era comum nos sais de urânio. A partir disso eles trabalharam para isolar o elemento do minério de urânio conhecido como uraninita.
- Marie Curie → Física e Química polonesa → também trabalhava com sais de urânio → Constatou que a intensidade de radiação é proporcional à quantidade de urânio e, portanto, a radioatividade era um fenômeno atômico → primeira mulher ganhar o Prêmio Nobel (1903), sendo dois prêmios em ciências diferentes → Descobriu também que o elemento químico tório emitia radiação parecida, além dos elementos polônio e rádio. Marie Curie e seu marido criaram o termo radioatividade para explicar os fenômenos envolvidos e desenvolveram técnicas para isolar elementos radioativos.

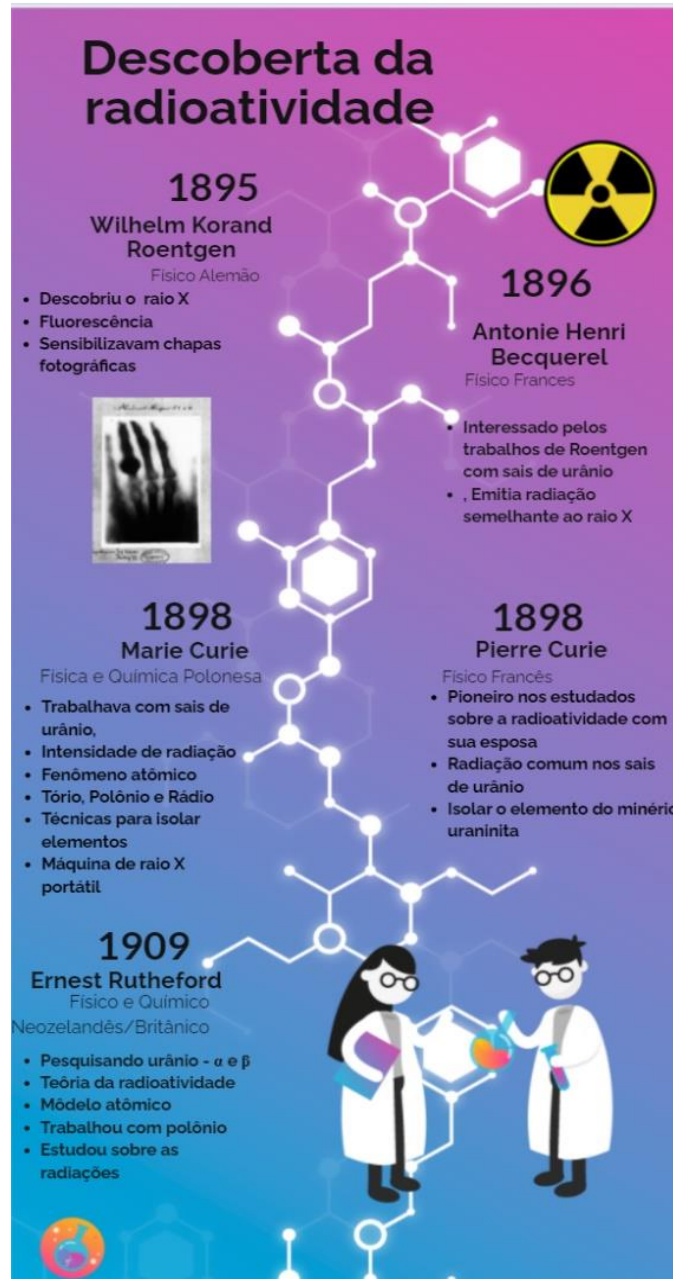
Durante a 1ª Guerra Mundial, Marie Curie criou uma máquina de Raio X portátil que foi utilizada para diagnosticar ferimentos no período das batalhas. Investigou as radiações em tumores e isso levou ao tratamento de radioterapia.

Obs.: Com a descoberta da radioatividade, a sociedade começou a imaginar aplicações do elemento rádio para produzir diferentes produtos adicionando-o em sua composição, ou seja, produtos com radioatividade adicionada, como em águas radioativas, produtos de beleza, além das pessoas acreditarem que o elemento teria possibilidade de curar doenças. Mas com o perigo oculto da radioatividade, o uso excessivo de produtos contendo o rádio, causaram nas pessoas efeitos indesejáveis (LIMA; PIMENTEL; AFONSO, 2011).

- Ernest Rutheford → Físico e Químico → Nobel de Química em 1908 → pesquisando o urânio descobriu a radiação alfa e a radiação beta. Estabeleceu as bases da teoria da radioatividade. Revolucionou a teoria atômica ao desenvolver o modelo denominado de sistema planetário → trabalhou com o polônio → 1909 → estudou a ação dos campos eletromagnéticos sobre as radiações (alfa, beta e gama).

Todos esses cientistas contribuíram para os estudos das partículas alfa e beta e a radiação gama.

Na figura abaixo é apresentado um resumo dos assuntos explorados sobre a descoberta da radioatividade.



Fonte: Autora (2021).

Estrutura atômica: (Retirado dos livros FONSECA, 2014; SANTOS, 2006; ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018)

Todas as coisas existentes na natureza são constituídas de átomos ou suas combinações. Atualmente, sabemos que o átomo é a menor estrutura da matéria que apresenta as propriedades de um elemento químico.

O núcleo do átomo é formado por partículas de carga elétrica positiva, chamadas prótons (P), e de partículas de mesmo tamanho, mas sem carga elétrica, denominadas nêutrons (N). O número de prótons (ou número atômico-Z) identifica um elemento químico, comandando seu comportamento em relação aos outros

elementos. Ao redor do núcleo tem a eletrosfera onde se encontra os elétrons que é uma partícula com carga elétrica negativa.

Outro conceito que temos que lembrar é a denominação de isótopos. O número de nêutrons no núcleo pode ser variável, pois eles não têm carga elétrica. Com isso, um mesmo elemento químico pode ter massas diferentes. Átomos de um mesmo elemento químico com massas diferentes são denominados isótopos.

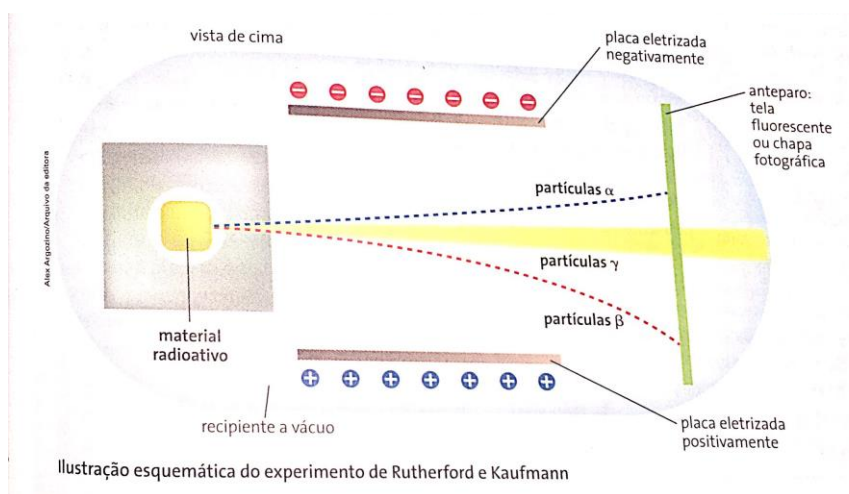
Exemplo: O mais comum é o C^{12} que tem 6 prótons e 6 nêutrons. Adicionando mais um nêutron no C^{12} e nós temos o C^{13} que tem 6 prótons e 7 nêutrons. Adicionando mais um nêutron teremos o C^{14} com 6 prótons e 8 nêutrons.

Experimento de Rutherford: (Retirado dos livros FONSECA, 2014; SANTOS, 2006)

Em seus experimentos, Rutherford observou diferentes níveis de penetração da radiação alfa, em relação às demais radiações. Aplicando um campo elétrico sobre o percurso da radiação alfa, Rutherford concluiu que essa radiação seria formada por partículas positivas, tendo em vista que eram desviadas para o lado negativo da placa. $\alpha \rightarrow$ como é desviada em direção a placa negativa concluiu-se que possui carga positiva. Como sofreu desvio com dificuldade (desvio pequeno), concluiu-se que possui massa maior.

$\gamma \rightarrow$ como não sofreu desvio, concluiu-se que não possui carga. Não possui massa.

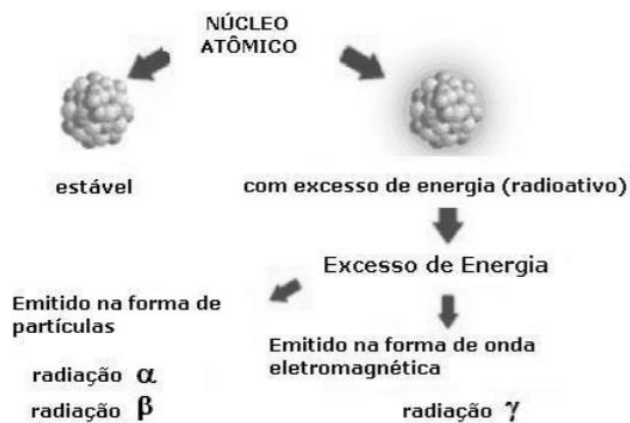
$\beta \rightarrow$ como é desviada em direção a placa positiva concluiu-se que possui carga negativa. Como sofreu desvio com facilidade (desvio grande), concluiu-se que possui massa pequena



Fonte: Retirado do livro da Martha Reis Marques Fonseca, 2014.

Conceito de radioatividade: (Retirado dos livros FONSECA, 2014; SANTOS, 2006; ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018; COUTO E SANTIAGO, 2010)

Propriedade que os átomos de determinados elementos apresentam de emitir espontaneamente partículas alfa e/ou beta e radiações eletromagnéticas (radiação gama), ou seja, é a emissão espontânea de energia proveniente de núcleos atômicos instáveis. O núcleo irá emitir energia buscando estabilidade, nós chamamos de reações nucleares, acontece no núcleo do átomo.



Fonte: Couto e Santiago (2010).

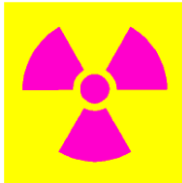
Mas qual a diferença entre reações nucleares e reações químicas?

- Reações nucleares liberam mais energia que uma reação química;
- Reações nucleares envolvem alterações no núcleo (expulsa nêutrons e prótons para estabilizar) e as reações químicas envolvem alterações na eletrosfera (doar ou receber elétrons, compartilhar elétrons)

Por ser um fenômeno nuclear a radiação não sofre influência de fatores como temperatura, pressão, estado físico e estado químico, ou seja, a intensidade radioativa dessa amostra, quantidade de radiação que ela emite, para uma mesma massa a intensidade radioativa é a mesma, não interessante se eu tenho um sal ou um óxido desse elemento químico. A quantidade de radiação está relacionada com a quantidade da substância (retirado do vídeo: canal Química com prof. Paula Valim).

Existem vários isótopos de um elemento e esses isótopos podem ser radioativos ou não. Ele depende da razão entre o número de nêutrons e prótons do átomo, por exemplo, que nós temos o césio-137 que é um isótopo do césio. O césio da tabela periódica tem número atômico 55 e massa 133, já o radioativo tem número atômico 55 e massa 137.

Símbolo para indicar presença de radiação.



Fonte: www.cnen.gov.br.

Situação-problema:

Troca de equipamentos hospitalares

Uma pequena cidade chamada Barão do Sul, com aproximadamente 20 mil habitantes, localizada a cerca de 300km da capital do estado, estava enfrentando um enorme problema devido à falta de equipamentos médicos para o diagnóstico e tratamento de doenças, por exemplo, um aparelho usado na radioterapia, tratamento com fontes de radiação, cujo nome é cobaltoterapia, utilizando o Cobalto-60, antes era usado o Césio-137, no tratamento contra o câncer.

O hospital regional, que atendia à população da cidade e arredores, encontrava-se em colapso por motivo de uma péssima direção, fazendo com que a manutenção das máquinas não fosse feita há algum tempo, acarretando deterioração de alguns aparelhos. Em decorrência, os moradores que dependem desse aparelho para o seu tratamento recorriam à capital e isso propiciou uma revolta entre eles. Assim, a sociedade foi até a prefeitura reivindicar seus direitos para que o prefeito tomasse uma atitude perante esta situação. Desse modo, a prefeitura comprou os equipamentos que eram necessários para a saúde da população.

A direção do hospital entrou em contato com a prefeitura de Barão do Sul para organizar o descarte dos equipamentos antigos que estavam guardados no depósito do próprio hospital. Para isso, a prefeitura informou que o hospital precisaria pagar uma taxa de imposto no valor de R\$ 50 mil, para que ela consiga enviar esses materiais para o descarte de resíduos hospitalares. O órgão fiscalizador é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), sendo os co-fiscalizadores a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). De acordo com a Lei 10.308/2001, a CNEN é responsável pela destinação apropriada dos rejeitos radioativos ou lixo nuclear, ou seja, o seu recolhimento e armazenamento.

Em virtude de o hospital estar passando por uma crise, a direção postou uma nota dizendo que não poderia arcar com as despesas das taxas para o descarte, e a Prefeitura disse que não iria se responsabilizar por essa situação. Assim, a população está sem o atendimento adequado para seus tratamentos e estão preocupados com a questão do descarte, que não foi resolvida, pois o hospital informou que iria se livrar do material de qualquer forma mesmo sendo o descarte ilegal. Os órgãos co-fiscalizadores viram a notícia que saiu no jornal e conversaram alertando para os riscos de contaminação que a falta de decisão poderá causar para a saúde de toda a população de Barão do Sul e para o meio ambiente. A população e os Órgãos estão preocupados caso ocorra alguma contaminação, sendo suas inquietações: **quais procedimentos e cuidados precisam ser adotados caso aconteça uma contaminação? Quais doenças/sintomas as pessoas envolvidas desenvolvem? Como seria a descontaminação dos locais, materiais e objetos?**

Para esclarecer essas questões e decidir o que será feito a respeito, foi agendada uma audiência pública em que foram convidados os seguintes representantes da sociedade:

- Prefeitura
- População
- Direção do hospital
- Órgãos fiscalizadores (CNEN) e Co-fiscalizadores (ANVISA e CONAMA)

5- Fechamento:

Será feito um resgate dos assuntos abordados no encontro e esclarecimento de eventuais dúvidas que possam ter ficado durante a explanação dos conceitos ou das atividades que serão desenvolvidas nos próximos encontros.

6- Avaliação:

A avaliação se dará a partir da participação nas atividades propostas e diálogos durante o encontro.

7- Referências Bibliográfica:

ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de química questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018. *E-book*. ISBN 9788582604625.

ASSIMILAR. Disponível em: <http://assimilar.blogspot.com/2015/01/entenda-os-terminos-isotopos-isotonos-e.html> Acesso em: 27 de fev. 2021.

CISCATO, Carlos Alberto Mattoso; PEREIRA, Luis Fernando; CHEMELLO, Emiliano; PROTI, Patrícia Barrientos. **Química**. 1. ed. São Paulo: Moderna, v. 3, 2016.

COUTO, Renata Ribeiro; SANTIAGO, Arnaldo José. Radioatividade e irradiação de alimentos. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 12, n. 2, p. 194-215, Jul/Dez 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/230455808.pdf>. Acesso em: 28 de fev. 2021.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Apostila educativa: Aplicações da Energia Nuclear. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/material-divulgacao-videos-imagens-publicacoes/publicacoes-1/aplicacoesdaenergianuclear.pdf> Acesso em: 28 de fev. 2021.

COMISSÃO NACIONAL DE TÉCNICOS EM RADIOLOGIA. Hospital apura morte de menina queimada em radioterapia no Rio, jun. 2012. Disponível em: <http://conter.gov.br/site/noticia/lamentavel> Acesso em: 1 mar. 2021.

FOGAÇA, Jennifer. Radioatividade nos Alimentos e na Agricultura, **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/radioatividade-nos-alimentos-na-agricultura.htm> Acesso em: 28 de fev. de 2021.

FONSECA, Martha Reis Marques. **Química: ensino médio**. São Paulo: 1. ed. Ática, 2014.

LIMA, Rodrigo da Silva; PIMENTEL, Luiz Cláudio Ferreira; AFONSO, Júlio Carlos. O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX (2011). **Química nova na escola**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 93-99, maio 2013. Disponível em: http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33_2/04-HQ10509.pdf Acesso em: 28 fev. 2021.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos *et al.* **Química & Sociedade**, Vol. Único, São Paulo: editora Nova Geração, 2006.

SOUZA, Líria Alves de. Acidente com césio-137, **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/acidente-cesio137.htm>. Acesso em: 28 de fev. de 2021.

VALIM, Paulo; Marcelão; CUNHA, Samuel. [S. l.: s. n.], 2020. 1 vídeo (8 min). Publicado pelo canal Química com Prof. Paulo Valim. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZpaU64BpOi8> Acesso em: 1 mar. 2021.

XAVIER, Allan Moreira *et al.* Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 83-91, ago. 2007. Disponível em: http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol30No1_83_18-RV05217.pdf Acesso em: 29 fev. 2021.

Wikipédia. Acidente de radiação marroquino de 1984. Disponível em: https://pt.qaz.wiki/wiki/1984_Moroccan_radiation_accident Acesso em: 1 mar. 2021.

XOVEN. [S. l.: s. n.], 2019. 1 vídeo (6 min). Publicado pelo canal Brasil Escola. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KG5qYLpoR8Y> Acesso em: 1 de mar. de 2021.

Wikipedia. Mayapuri. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Mayapuri> Acesso em: 1 mar. 2021.

Plano de Aula 03

1- Conteúdo:

Diferença entre radiação e radioatividade, contaminação e irradiação, emissões nucleares, Leis da radioatividade, Cinética da desintegração radioativa, Séries de decaimento, Reações nucleares e Resíduos Radioativos.

2- Objetivos:

- Compreender os conceitos fundamentais relacionados ao estudo do tema articulando-os com situações reais;
- Discutir sobre os resíduos radioativos, abordando os riscos e impactos ambientais.

3- Materiais e Métodos:

O encontro se dará através de uma metodologia expositiva e dialogada. Os recursos didáticos utilizados para o desenvolvimento da aula serão: computador conectado à internet, serviço de comunicação *Google Meet*, *Slides* de apresentação, *Mentimeter*, vídeo e imagens.

4- Metodologia:

Introdução:

O encontro será iniciado com a apresentação de um vídeo para introduzir os conceitos. Na sequência, a professora irá compartilhar em uma apresentação de slides o restante do conteúdo sobre radioatividade. A finalização do encontro será uma breve revisão do que foi trabalhado até o momento e elucidar possíveis dúvidas que não foram sanadas durante a explicação do conteúdo.

Desenvolvimento:

Existem diversos tipos de radiação, como a eletromagnética, na qual se inclui a luz, ou a radiação de partículas provenientes do núcleo atômico, também conhecida como emissões radioativas.

Para que os alunos se familiarizem com o assunto deste encontro, será apresentado um vídeo sobre radiação ionizante, cujo nome é: “O que é a radiação, e como ela interage com os seres vivos?” Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=WzUmXlHI-M8>.

Como a radioatividade é um fenômeno natural, nós estamos expostos à radiação desde o momento de nossa concepção até o último instante de nossas vidas. O nosso planeta é bombardeado incessantemente por radiações oriundas do Sol e de outros astros de nossa galáxia, a chamada radiação cósmica. Além da radiação cósmica, existem alguns tipos de radiação emitidos espontaneamente por átomos de certas substâncias que estão presentes em todo o planeta e, por isso, estamos sujeitos às suas radiações o tempo todo. Exemplo: Na região costeira de Guarapari-ES, existe um acúmulo de areias monazíticas, ricas em minerais que contêm substâncias radioativas devido à presença de átomos de tório (retirado dos livros FONSECA, 2014; SANTOS, 2006).

Emissões Nucleares: (retirado dos livros FONSECA, 2014; SANTOS, 2006; ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018)

As emissões alfa, beta e gama são classificadas como radiações ionizantes porque têm energia suficiente para ionizar (arrancar elétrons e transformar em íons ou em radicais livres) os átomos e as moléculas com as quais interagem.

α → São partículas pesadas, com carga elétrica positiva, constituídas de 2 prótons e 2 nêutrons (como um núcleo de hélio).

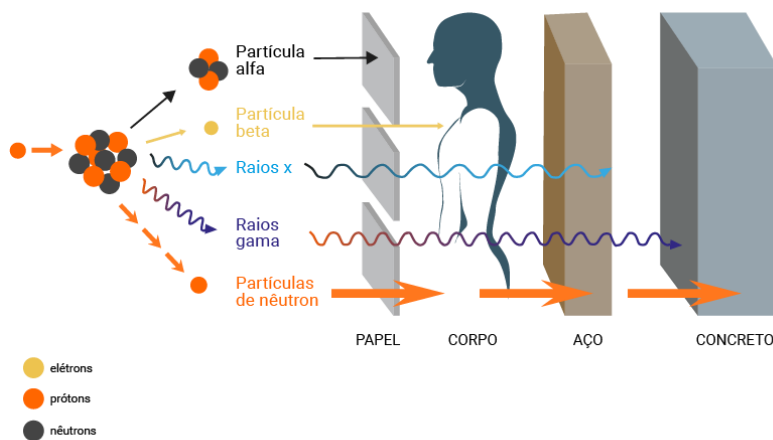
β → São partículas leves, com carga elétrica negativa e massa desprezível, semelhantes a elétrons.

γ → São radiações eletromagnéticas. Não possuem carga elétrica nem massa.

Radiação	Característica	Massa relativa	Carga relativa	Poder de penetração	Representação
Alfa	Semelhante ao núcleo do átomo de Hélio	4	2+	Pequeno	${}^4_2\alpha$ ou ${}^4_2\text{He}$
Beta	Elétron	0	1-	Médio	${}^0_{-1}\beta$ ou ${}^0_{-1}e$
Gama	Ondas eletromagnéticas	0	0	Grande	${}^0_0\gamma$

Fonte: <https://www.stoodi.com.br/blog/quimica/quimica-4-pontos-da-radioatividade-que-voce-precisa-conhecer/>.

O esquema do poder de penetração de cada radiação:



Fonte: <https://radioprotecaonapratica.com.br/como-saber-se-existe-risco-radiologico-presente-no-offshore/>.

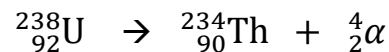
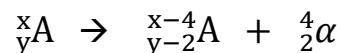
- As partículas alfas que são o núcleo de hélio podem ser barradas por uma folha de papel. Não conseguem atravessar/penetrar a folha. (Pele)
 - As partículas betas que são os elétrons podem ser barradas por uma camada de madeira, placa de metal. (músculo)
 - A radiação gama não tem massa ela é extremamente rápida, além de não possuir carga, para ser barrada precisa de uma parede de concreto e/ou chumbo dependendo. (órgãos)
- Por que arrancar elétrons de átomos pode ser perigoso para o corpo humano? Resulta na quebra de ligações químicas, resultando em fragmentos do que antes eram moléculas bem estruturadas e esses fragmentos se ligam em outras moléculas que não necessariamente deveriam estar ligadas, podendo acontecer em qualquer molécula do nosso corpo como água (produz moléculas reativas, radicais livres) e o nosso próprio DNA, podendo causar danos ao nosso DNA (perder as bases

nitrogenadas, quebra das pontes de hidrogênio, ruptura das fitas. Mas o DNA tem mecanismo de reconstituição para reparar os danos, só que podem virar danos irreversíveis (LOOS, canal Ciência todo o dia, 2020).

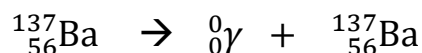
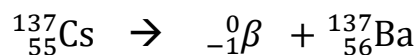
Leis Da Radioatividade ou de Soddy: (retirado dos livros FONSECA, 2014; SANTOS; 2006; ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018)

A emissão de partículas do núcleo de um átomo instável (o decaimento radioativo), ocorre de acordo com algumas leis básicas.

- Primeira lei de radioatividade: Quando um átomo emite uma partícula ${}^4_2\alpha$ o número atômico (Z) do átomo resultante diminui de 2 unidades e o número de massa (A) diminui 4 unidades. Essa emissão de radiação modifica o número de prótons ou número atômico que é a identidade do elemento químico, assim, originando outro elemento químico. Exemplos: Genérico e emissão de radiação alfa por átomos de urânio-238.



- Segunda lei de radioatividade: Quando um átomo emite uma partícula ${}^{-1}_0\beta$, o número atômico (Z) do átomo resultante aumenta 1 unidade e o número de massa (A) permanece constante. Por exemplos, ele desintegra-se, liberando radiação beta (${}^{-1}_0\beta$), com consequente formação de outro elemento radioativo ainda mais nocivo, o bário-137.



Neste e em outros casos de emissão de radiação beta, um nêutron de cada átomo é transformado em próton. Por isso, o átomo obtido possui um próton a mais do que aquele que lhe deu origem.

Cinética da Desintegração Radioativa: (retirado do Livro Santos et al., 2006)

É um estudo que permite estimar o tempo de meia-vida de uma substância radioativa, que é o tempo necessário para que o número de isótopos radioativos de uma substância se reduza à metade, ou seja, emita radiação e se transforme em outro elemento químico. A tabela a seguir apresenta o tempo de meia-vida de alguns isótopos radioativos.

Tempo de meia-vida de alguns processos radioativos		
Isótopos	Radiação emitida	Meia-vida
^{238}U	α	$4,5 \times 10^8$ anos
^{239}Pu	α	$2,4 \times 10^4$ anos
^{14}C	β	$5,7 \times 10^3$ anos
^3H	β	12,3 anos
^{32}P	β	14,3 dias
^{60}Co	β	5,3 anos
^{131}I	β	8,1 dias

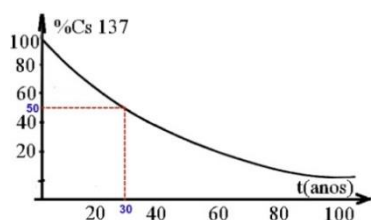
Fonte: Livro Santos *et al.*, 2006.

Exemplo: O tempo de meia-vida desse isótopo é de 30 anos. Consideraremos que existam 100 g de ^{137}Cs . Qual será o tempo necessário para que só existam 6,25 g?

$$100 \text{ g} \xrightarrow{30} 50 \text{ g} \xrightarrow{30} 25 \text{ g} \xrightarrow{30} 12,5 \text{ g} \xrightarrow{30} 6,25 \text{ g}$$

Após 120 anos ainda restarão 6,25 g.

Exemplo de um gráfico de Meia-vida: Atividade (g) x Tempo (anos)



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/calculos-envolvendo-meia-vida.htm>.

A desintegração ocorre ao longo do tempo.

Séries de Decaimento: (retirado dos livros FONSECA, 2014; SANTOS; 2006)

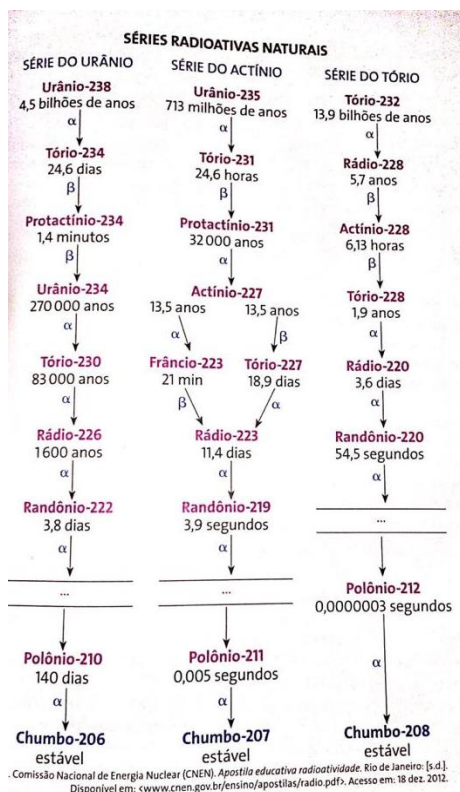
Na natureza existem elementos radioativos que realizam transmutações ou desintegrações sucessivas, até que o núcleo atinja uma configuração estável. Isso significa que, após um decaimento radioativo, o núcleo não possui, ainda, uma organização interna estável e, assim, ele executa outra transmutação para melhorá-la e, ainda não conseguindo, prossegue, até atingir a configuração de equilíbrio. Em cada decaimento, os núcleos emitem radiações dos tipos alfa, beta e/ou gama e cada

um deles é mais organizado que o núcleo anterior. Essas sequências de núcleos são denominadas séries de decaimento, séries radioativas ou família radioativas naturais. Todos os isótopos radioativos naturais, que ocorrem espontaneamente na natureza, foram originados de um dos 3 isótopos radioativos:

- Tório-232: $^{232}\text{Th}_{90}$
- Urânio-238: $^{238}\text{U}_{92}$
- Urânio-235: $^{235}\text{U}_{92}$

As três séries naturais terminam em isótopos estáveis do chumbo, respectivamente, chumbo-206, chumbo-207 e chumbo-208.

Exemplo: Um desses elementos decai por emissão de partículas, dando origem a um 2º elemento, que também irá decair por emissão de partículas ou, produzindo um 3º elemento, e assim sucessivamente, até que o último elemento produzido em cada série seja um isótopo estável do chumbo ($Z=82$).



Fonte: Retirada do livro FONSECA, 2014.

Os elementos de cada série encontram-se em equilíbrio radioativo uns com os outros na natureza, isto é, à medida que a quantidade de determinados elementos

aumenta pelo decaimento de um elemento anterior na série, a quantidade desse elemento diminui pelo seu próprio decaimento.

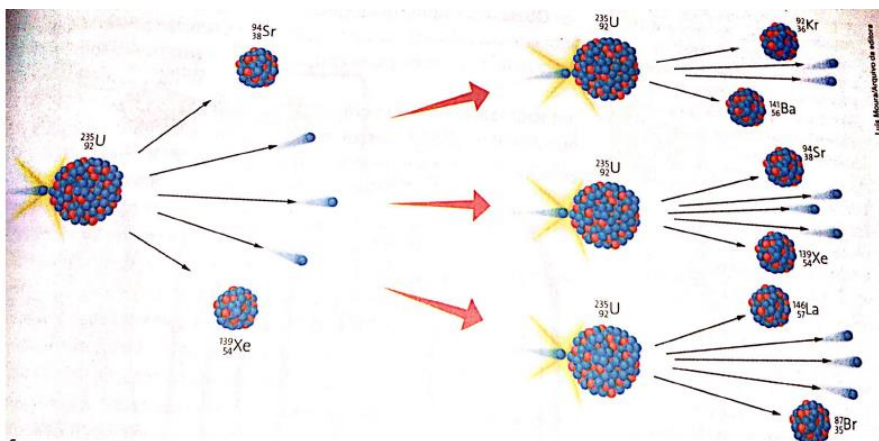
O urânio-235 é um dos principais isótopos utilizados como combustível em usinas nucleares e na fabricação das armas atômicas.

Reações Nucleares: (retirado dos livros FONSECA, 2014; SANTOS; 2006 e do canal Ciência todo o dia, LOOS, 2020)

A energia nuclear consiste em extrair a energia contida nos átomos, gerando energia de uma maneira extremamente eficiente porque precisamos de um volume pequeno de amostra para produzir bastante energia. Esse tipo de energia é uma das alternativas disponíveis para suprir a grande necessidade energética do mundo.

➤ **Fissão Nuclear:** Técnica de bombardeamento de núcleos atômicos com nêutrons. A palavra fissão quer dizer quebra, divisão. Esse processo ocorre espontaneamente ou induzido por outras transformações. O processo funciona da seguinte maneira: como os nêutrons não têm carga e não sofrem desvio na sua trajetória em razão do campo elétrico do átomo, se eles forem muito acelerados, acabam atravessando o núcleo do átomo alvo. Dessa maneira, a fissão nuclear é a partição de um núcleo atômico pesado e instável, provocada por um bombardeamento de nêutrons com velocidade moderada, que origina 2 ou mais núcleos atômicos menores, 2 ou 3 nêutrons, liberando uma grande quantidade de energia. A soma das massas dos elementos menores é sempre menor que a massa original de urânio, pois a massa que foi “perdida” é transformada em energia.

Exemplo: Fissão do Urânio-235



Fonte: Retirada do livro Martha Reis Marques Fonseca, 2014.

A reação que acontece é em cadeia. Essas reações aumentam sua velocidade rapidamente de forma exponencial, por esse motivo são reações que precisam ser controladas. As principais utilizações da fissão nuclear são para a produção de bombas atômicas e reatores de usinas nucleares (Chernobyl). A desvantagem dessa reação é que os subprodutos do urânio são radioativos e isso dificulta para o armazenamento de todos os resíduos.

➤ **Fusão Nuclear:** é a junção de dois ou mais núcleos leves originando um único núcleo, elemento mais pesado, e a liberação de uma quantidade enorme de energia devido a um aumento da estabilidade nuclear. Para que esse tipo de reação ocorra são necessárias altíssimas temperaturas. É uma fonte de energia mais eficiente que a fissão devido ao combustível utilizado que é o hidrogênio, o elemento mais abundante. É o mesmo mecanismo que gera a energia do sol.

O problema dessas reações é que estamos tentando unir dois núcleos que possuem carga positiva, assim existe uma força de repulsão entre ele e para obter condições necessárias para fazer esses núcleos fundirem nós precisamos de uma temperatura em bilhões de graus Celsius. Mas como o sol consegue realizar esse tipo de reação? A densidade é outra condição, o aumento dela diminui a temperatura. O que os pesquisadores estão fazendo? Estão usando o isótopo do hidrogênio, o deutério (tem 1 nêutron a mais). Ainda não temos nenhum material que a humanidade produziu até hoje consegue passar dos 4 mil graus Celsius, ou seja, o material é derretido quando chega nessa temperatura. Porém, estão tentando fazer o hidrogênio virar plasma quando for aquecido até milhões de graus Celsius. É uma energia limpa e que não gera resíduos radioativos. A produção dessa energia é o elemento hélio. Não é uma reação em cadeia, pois precisamos de combustível para que ocorra. Por isso o sol acabará um dia, pois o combustível será terminado (LOOS, 2020 - canal Ciência todo o dia).

Resíduos Radioativos (retirado da apostila no site: www.cnen.gov.br):

Os materiais radioativos produzidos por exemplo, em reatores nucleares, Laboratórios e Hospitais, nas formas sólida, líquida ou gasosa, que não têm utilidade, não podem ser simplesmente “jogados fora” ou “no lixo”, por causa das radiações que

emitem. Esses materiais, que não são utilizados em virtude dos riscos que apresentam, são chamados de Rejeitos Radioativos. Na realidade, a expressão “lixo atômico” é um pleonasma, porque qualquer lixo é formado por átomos e, portanto, é atômico. Ele passa a ter essa denominação popular, quando é *radioativo*.

Tratamento de Rejeitos Radioativos (retirado da apostila no site: www.cnem.gov.br):

Os rejeitos radioativos precisam ser tratados, antes de serem liberados para o meio ambiente, se for o caso. Eles podem ser liberados quando o nível de radiação é igual ao do meio ambiente e quando não apresentam toxidez química.

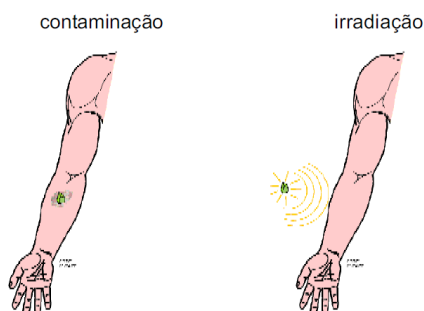
Rejeitos sólidos, líquidos ou gasosos podem ser, ainda, classificados, quanto à atividade, em rejeitos de baixa, média e alta atividade. Os rejeitos de meia-vida curta são armazenados em locais apropriados (preparados), até sua atividade atingir um valor semelhante ao do meio ambiente, podendo, então, ser liberados. Esse critério de liberação leva em conta somente atividade do rejeito. É evidente que materiais de atividade ao nível ambiental, mas que apresentam toxidez química para o ser humano ou que são prejudiciais ao ecossistema não podem ser liberados sem um tratamento químico adequado.

Rejeitos sólidos de baixa atividade, como partes de maquinaria contaminadas, luvas usadas, sapatilhas e aventais contaminados, são colocados em sacos plásticos e guardados em tambores ou caixas de aço, após classificação e respectiva identificação. Os produtos de fissão, resultantes do combustível nos reatores nucleares, sofrem tratamento especial em Usinas de Reprocessamento, no qual são separados e comercializados, para uso nas diversas áreas de aplicação de radioisótopos. Os materiais radioativos restantes, que não têm justificativa técnica e/ou econômica para serem utilizados, sofrem tratamento químico especial e são vitrificados, guardados em sistemas de contenção e armazenados em Depósitos de Rejeitos Radioativos.

Locais destinados ao armazenamento provisório de fontes ou rejeitos devem conter tais fontes ou rejeitos com segurança, nos aspectos físico e radiológico, até que possam ser removidos para outro local, com aprovação da CNEN.

Contaminação e Irradiação (retirado da apostila no site: www.cnen.gov.br):

É importante esclarecer a diferença entre contaminação radioativa e irradiação. Uma contaminação, radioativa ou não, caracteriza-se pela presença indesejável de um material em determinado local, onde não deveria estar.



Fonte: www.cnen.gov.br.

A irradiação é a exposição de um objeto ou um corpo à radiação, o que pode ocorrer a alguma distância, sem necessidade de um contato íntimo. Irradiar, portanto, não significa contaminar. Contaminar com material radioativo, no entanto, implica em irradiar o local, onde esse material estiver. Por outro lado, a descontaminação consiste em retirar o contaminante (material indesejável) da região onde se localizou. A partir do momento da remoção do contaminante, não há mais irradiação.

Importante: a irradiação por fontes de césio-137, cobalto-60 e similares não torna os objetos ou o corpo radioativo. Irradiação não contamina, mas contaminação irradia.

5- Fechamento:

Será feito um resgate dos tópicos abordados em aula e esclarecimento de possíveis dúvidas.

6- Avaliação:

A avaliação se dará a partir da participação nas atividades propostas e os diálogos durante o encontro.

7- Referências Bibliográfica:

ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de química questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018. *E-book*. ISBN 9788582604625.

DIAS, Diogo Lopes. Cálculos envolvendo meia-vida. **Mundo Educação**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/calculos-envolvendo-meia-vida.htm>. Acesso em: 28 de fev. 2021.

CISCATO, Carlos Alberto Mattoso; PEREIRA, Luis Fernando; CHEMELLO, Emiliano; PROTI, Patrícia Barrientos. **Química**. 1. ed. São Paulo: Moderna, v. 3, 2016.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Apostila educativa: Radioatividade. Disponível em: https://portalnuclear.cnen.gov.br/Material_didatico/apostilas/radio.pdf Acesso em: 28 de fev. 2021.

FONSECA, Martha Reis Marques. **Química**: ensino médio. São Paulo: 1. ed. Ática, 2014.

LOOS, Pedro. [S. l.: s. n.], 2020. 1 vídeo (14 min). Publicado pelo canal Ciência todo o dia. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xFxRQdb1s5c> Acesso em: 7 de mar. 2021.

LOOS, Pedro. [S. l.: s. n.], 2020. 1 vídeo (10 min). Publicado pelo canal Ciência todo o dia. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cXarvv2j9WI> Acesso em: 7 de mar. 2021.

RADIOATIVIDADE: ENTENDA TUDO SOBRE OS EFEITOS DA RADIAÇÃO. Stoodi, 2020. Disponível em: <https://www.stoodi.com.br/blog/quimica/quimica-4-pontos-da-radioatividade-que-voce-precisa-conhecer/>. Acesso em: 7 de mar. 2021.

SANTIAGO, André. Plataformas de Petróleo no Offshore: Como Saber se Existe Risco Radiológico Presente? Radioproteção na prática, 2019. Disponível em: <https://radioprotecaonapratica.com.br/como-saber-se-existe-risco-radiologico-presente-no-offshore/> Acesso em: 28 de fev. 2021.

SANTOS, Wildson L et al. **Química & Sociedade**, Vol. Único, São Paulo: editora Nova Geração, 2006.

VALIM, Paulo; Marcelão; CUNHA, Samuel. [S. l.: s. n.], 2020. 1 vídeo (9 min). Publicado pelo canal Química com Prof. Paulo Valim. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3Grwn2yWv04&list=PLL5oEOCI6YVnK6pOj9bJOE7gap-E39k-c&index=12> Acesso em: 8 mar. 2021.

Plano de Aula 04

1- Conteúdo:

Radioatividade e o resíduos radioativos

2- Objetivos:

- Realizar uma reunião de forma assíncrona (videoaula), para a organização da atividade e esclarecimento de dúvidas;

- Dialogar com os estudantes sobre o que seria uma audiência pública;
- Indicar materiais que poderão ser consultados para as suas argumentações sobre a situação-problema;
- Apresentar os recursos que poderão utilizar para a discussão das suas propostas.

3- Materiais e Métodos:

O encontro se dará através de uma metodologia expositiva e dialogada. Os recursos didáticos utilizados para o desenvolvimento da aula serão: *FlashBack Express Record* para gravar a tela, *OpenBoard* e *Slides* de apresentação.

4- Metodologia:

Introdução:

Inicialmente, será discutido sobre os setores sociais e o conceito de audiência pública, indicação de referenciais que possam ajudá-los na elaboração dos argumentos e suas propostas para a resolução da atividade. Por fim, será apresentado algumas formas que eles poderão utilizar para divulgar suas ideias e solicitado que enviem por e-mail as questões respondidas da situação-problema.

Desenvolvimento:

Os grupos deverão interpretar o representante da sociedade escolhido e elaborar argumentos para a situação-problema que será aplicada em forma de audiência pública no próximo encontro.

Os seguintes representantes da sociedade:

- Prefeitura
- População
- Direção do hospital
- Órgãos fiscalizadores (CNEN) e Co-fiscalizadores (ANVISA e CONAMA)

A partir do que foi exposto na situação-problema, os alunos irão atuar em cada setor e resolver as seguintes questões:

- Quais procedimentos e cuidados precisam ser adotados caso aconteça uma contaminação?
- Quais doenças/sintomas as pessoas envolvidas desenvolvem?

- Como seria a descontaminação dos locais, materiais e objetos?

Explicação do que é uma audiência pública:

É uma reunião pública realizada entre vários setores da sociedade e as autoridades públicas para a discussão de questões de interesse coletivo com o intuito de buscar soluções aos problemas que prejudicam a sociedade.

Materiais de consulta:

Esses materiais serão compartilhados como sugestão de leitura para auxiliar na atividade:

- Situação problema e slides das aulas;
- Os seguintes arquivos de leitura:
 - Site da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), o link: <https://www.gov.br/cnen/pt-br>,
 - Artigo: Rejeitos Radioativos Hospitalares: Armazenagem e Segurança de Aparelhos de Radioterapia. Disponível em: http://nippromove.hospedagemdesites.ws/anais_simposio/arquivos_up/documentos/artigos/6ef78ab4def9130faa05157ea4c71c93.pdf
 - Artigo: Marco da história e da Radioatividade e tendências atuais. Disponível em: http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol30No1_83_18-RV05217.pdf
 - Livros de Química Geral (Russel, Atkins) ou do Ensino Médio (Martha Reis, Ser Protagonista)

Sugestões de formas de apresentação das propostas:

- Vídeo;
- Texto;
- Diálogo;
- Imagens;
- Slides de apresentação.

5- Fechamento:

Será feito uma breve revisão dos assuntos abordados e o esclarecimento de possíveis dúvidas e solicitado que seja enviado por e-mail as perguntas respondidas da situação-problema.

6- Avaliação:

A avaliação se dará a partir da participação nas atividades propostas e os diálogos após aos alunos assistirem ao vídeo.

7- Referências Bibliográfica:

BRASIL. Decreto n. 8.243, de 23 de maio de 2014. Institui a Política Nacional de Participação Social - PNPS e o Sistema Nacional de Participação Social - SNPS, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 maio 2014.

Plano de Aula 05

1- Conteúdo:

Radioatividade e os resíduos radioativos

2- Objetivos:

- Promover um debate, a partir da apresentação da simulação de uma audiência pública sobre a situação-problema com enfoque CTS que aborda a troca de equipamentos hospitalares;
- Mediar no processo de construção de conceitos, instigando a participação e a reflexão dos alunos referentes aos temas abordados.
- Dialogar com os alunos após o desenvolvimento e a aplicação da atividade;
- Investigar o que será mostrado pelos estudantes sobre o tema e a sequência didática desenvolvida a partir de um questionário.

3- Materiais e Métodos:

O encontro se dará através de uma metodologia dialogada, com a aplicação da situação-problema. Os recursos didáticos utilizados para o desenvolvimento da aula serão: computador conectado à internet, serviço de comunicação *Google Meet*, ferramenta *online* Miro, formulário *Google* e *Slides* de apresentação.

4- Metodologia:

Introdução:

A professora organizará a ordem de apresentação dos grupos por meio de um sorteio. Após, apresentar a situação-problema novamente para resgatar alguns pontos necessários para a discussão. Em seguida, iniciado a atividade de simulação de uma audiência pública. Para a finalização deste encontro será apontado na ferramenta *Miro* as tomadas de decisão de cada grupo com o intuito de buscar soluções dos problemas que afligem a sociedade referente a situação-problema deste trabalho de pesquisa, além da aplicação um questionário no formulário *Google*.

Desenvolvimento:**1º Momento: Leitura da situação-problema****Troca de equipamentos hospitalares**

Uma pequena cidade chamada Barão do Sul, com aproximadamente 20 mil habitantes, localizada a cerca de 300km da capital do estado, estava enfrentando um enorme problema devido à falta de equipamentos médicos para o diagnóstico e tratamento de doenças, por exemplo, um aparelho usado na radioterapia, tratamento com fontes de radiação, cujo nome é cobaltoterapia, utilizando o cobalto-60, antes era usado o Césio-137, no tratamento contra o câncer.

O hospital regional, que atendia a população da cidade e arredores, encontrava-se em colapso por motivo de uma péssima direção, fazendo com que a manutenção das máquinas não fosse feita a algum tempo, acarretando deterioração de alguns aparelhos. Em decorrência, os moradores que dependem desse aparelho para o seu tratamento recorriam à capital e isso propiciou uma revolta entre eles. Assim, a sociedade foi até a prefeitura reivindicar seus direitos para que o prefeito tomasse uma atitude perante esta situação. Desse modo, a prefeitura comprou os equipamentos que eram necessários para a saúde da população.

A direção do hospital entrou em contato com a prefeitura de Barão do Sul para organizar o descarte dos equipamentos antigos que estavam guardados no depósito do próprio hospital. Para isso, a prefeitura informou que o hospital precisa pagar uma taxa de imposto no valor de R\$ 50 mil para que a prefeitura consiga enviar esses materiais para o descarte de resíduos hospitalares. O órgão fiscalizador é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), sendo os co-fiscalizadores a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). De acordo com a Lei 10.308/2001, a CNEN é responsável pela destinação apropriada

dos rejeitos radioativos ou lixo nuclear, ou seja, o seu recolhimento e armazenamento. Em virtude de o hospital estar passando por uma crise, a direção postou uma nota dizendo que não poderia arcar com as despesas das taxas para o descarte, mas a prefeitura disse que não iria se responsabilizar por essa situação. Assim, a população está sem o atendimento adequado para seus tratamentos e estão preocupados no descarte que não foi resolvido, pois, o hospital informou que iria se livrar do material de qualquer forma mesmo sendo o descarte ilegal. Os órgãos co-fiscalizadores viram a notícia que saiu no jornal e conversaram alertando para os riscos de contaminação que a falta de decisão poderá causar para a saúde de toda a população de Barão do Sul e para o meio ambiente. A população e os órgãos estão preocupados caso ocorra alguma contaminação, pois as suas inquietações são: **quais procedimentos e cuidados precisam ser adotados caso aconteça uma contaminação? Quais doenças/sintomas as pessoas envolvidas desenvolvem? Como seria a descontaminação dos locais, materiais e objetos?**

Para esclarecer essas questões e decidir o que será feito a respeito disso, foi agendada uma audiência pública em que foram convidados os seguintes representantes da sociedade:

- Prefeitura
- População
- Direção do hospital
- Órgãos fiscalizadores (CNEN) e Co-fiscalizadores (ANVISA e CONAMA)

2º Momento: Audiência Pública

A audiência pública será iniciada com a apresentação dos setores e dos alunos compostos em cada grupo. Após cada setor irá expor suas ideias e argumentos sobre as medidas que precisam ser tomadas para a resolução deste problema. Com isso, será aberto um debate entre os setores para que cada grupo apresente suas concepções sobre o que foi exposto por cada setor, dessa forma, terão que chegar em um consenso. As propostas de cada grupo serão anotadas na ferramenta *online* Miro para que os alunos consigam tomar uma decisão para resolver os problemas.

A professora irá mediar todo o processo realizando problematizações e instigando a participação ativa por parte dos alunos. Além de promover a discussão e reflexão das propostas abordadas por eles.

5- Fechamento:

O encontro será finalizado com o diálogo sobre os pontos relevantes da atividade, escutar as reflexões por parte dos alunos referente a todos os encontros aplicados e sanar possíveis dúvidas que possam ter ficado sobre as atividades.

As questões do questionário estão descritas a seguir:

1. Escreva e comente o que te marcou nesta sequência didática.
2. Após o estudo sobre o tema radioatividade, o que você compreende sobre radioatividade?

6- Avaliação:

A avaliação se dará a partir da participação nas atividades propostas como participação dos estudantes na audiência pública, questionário e reflexões apontadas na ferramenta miro.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIOS APLICADOS NOS ENCONTROS

Formulário 1

1. Já ouviu falar sobre radioatividade?

Sim Não

2. Em qual meio você ouviu falar?

3. Você estudou o conteúdo de radioatividade no Ensino Médio?

Sim Não

4. O que você compreende sobre radioatividade?

5. Você considera que devemos ter algum cuidado com o descarte dos lixos radioativos?

Sim Não

Formulário 2

1. Escreva e comente o que ter marcou nesta sequência didática.

2. Após o estudo sobre o tema radioatividade, o que você compreende sobre radioatividade?

ANEXO A - MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário, do Trabalho de Conclusão de Curso da discente Gabriela Machado Magalhães, Graduanda em Química Licenciatura pela Universidade Federal do Pampa campus Bagé. O trabalho de conclusão de curso intitulado RADIOATIVIDADE: SITUAÇÃO-PROBLEMA COM ENFOQUE CTS NO CONTEXTO DO PIBID.

Leia cuidadosamente o que segue e me pergunte sobre qualquer dúvida que você tiver. Em caso de recusa você não sofrerá nenhuma penalidade.

Declaro ter sido esclarecido sobre os seguintes pontos:

1. O trabalho de conclusão de curso tem como objetivo compreender o que se mostra sobre o fenômeno investigado, a radioatividade para os graduandos participantes do PIBID dos cursos de Química e Física.
2. A minha participação nesta pesquisa consistirá em fornecer as respostas às questões que a pesquisadora irá organizar, como as reuniões gravadas e o questionário relacionado a este termo de consentimento.
3. Ao participar desse trabalho estarei contribuindo com a minha experiência enquanto aluno participante das atividades desenvolvidas durante as aulas de química em que ocorreu a aplicação deste trabalho de conclusão de curso.
4. Não terei nenhuma despesa ao participar da pesquisa e poderei deixar de participar ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e não sofrerei qualquer prejuízo.
5. Meu nome será mantido em sigilo, assegurando assim a minha privacidade, e se eu desejar terei livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.
6. Fui informado que os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para fins de pesquisa, e que os resultados poderão ser publicados.
7. Qualquer dúvida, pedimos a gentileza de entrar em contato com Gabriela Machado Magalhães, responsável pela pesquisa, telefone da autora, e-mail: gabrielamagalhaes.aluno@unipampa.edu.br ou com minha orientadora,

professora Prof^a. Dr^a. Márcia Von Frühauf Firme pelo e-mail
marciafirma@unipampa.edu.br

Eu declaro sido informado e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

- Concordo participar da pesquisa
- Não concordo participara da pesquisa