



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE QUÍMICA - LICENCIATURA

DANIEL SOBRAL DE OLIVEIRA

**O USO DA REDE SOCIAL *FACEBOOK* PARA ABORDAGEM DO TEMA
RADIOATIVIDADE**

**Caruaru
2021**

DANIEL SOBRAL DE OLIVEIRA

**O USO DA REDE SOCIAL *FACEBOOK* PARA ABORDAGEM DO TEMA
RADIOATIVIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Química Licenciatura do Campus do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Área de concentração: Ensino de Química.

Orientador (a): Prof.^a Dra. Jane Maria Gonçalves Laranjeira

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Maria Regina Borba - CRB/4 - 2013

O48u Oliveira, Daniel Sobral de.
O uso da rede social *Facebook* para abordagem do tema radioatividade. / Daniel Sobral de Oliveira. – 2021.
90 f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Jane Maria Gonçalves Laranjeira.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, **Química – Licenciatura**, 2021.
Inclui Referências.

1. Radioatividade. 2. Tecnologia da informação. 3. Análise de conteúdo (Comunicação). 4. Redes sociais online. 5. Estratégias de aprendizagem. I. Laranjeira, Jane Maria Gonçalves (Orientadora). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-179)

DANIEL SOBRAL DE OLIVEIRA

**O USO DA REDE SOCIAL *FACEBOOK* PARA ABORDAGEM DO TEMA
RADIOATIVIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Química Licenciatura do Campus do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Aprovada em: 02 de Setembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^a Dra. Jane Maria Gonçalves Laranjeira
NFD/CA/UFPE

Examinador: Prof.^a Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos
NFD/CA/UFPE

Examinador: Prof. Dr. Bruno Silva Leite
PPGEC/DEd/UFRPE

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por me oportunizar alcançar mais essa conquista em minha vida, a qual me dediquei por longos cinco anos. Esse período posso dizer que foi bastante difícil e exaustivo, porém de muito aprendizado.

Não chegaria aqui sem ajuda das pessoas mais importantes em minha vida, minha família, agradeço aos meus pais Genilda de Oliveira, e José Sobral além de meus irmãos Gabriel, Marília, Mauriceia e Pauliceia por toda a ajuda realizada e pelo apoio motivacional.

Agradeço também a minha namorada Larissa Estefane, a qual se faz presente desde o começo de minha vida acadêmica, me apoiando sempre que precisei.

Aos meus amigos e colegas de curso que a universidade me proporcionou, também muito importantes nessa jornada.

E um agradecimento em especial para minha professora e orientadora Dra. Jane Maria Gonçalves Laranjeira, por todas as orientações e partilha de conhecimentos realizadas, foram de extrema importância para essa pesquisa, além de uma pessoa admirável e bastante prestativa, o meu muito obrigado!

Também faço menção a todos os meus professores que me acompanharam nessa jornada, permitiram discutir temas que serão essenciais para minha profissão, ser professor!

E por fim, agradeço a Universidade Federal de Pernambuco – Campus do Agreste, lugar muito especial que compartilhei momentos felizes, que levarei para sempre em meu coração, meu até breve, pois ela ainda fará parte de minha carreira acadêmica por bastante tempo.

RESUMO

A rede social *Facebook* está presente no cotidiano de milhares de pessoas há bastante tempo e vem sendo utilizada de várias formas, dentre elas em atividades formativas de ensino e aprendizagem. Com isso, pode proporcionar um ambiente propício no desenvolvimento de metodologias para a abordagem e compreensão da Radioatividade. Tema esse que possui grande relevância histórico-social tendo em vista os aspectos positivos e negativos de suas utilizações; com base nisso, este trabalho tem como objetivo analisar o uso da rede social *Facebook* como recurso didático no ensino e aprendizagem desse fenômeno por meio das contribuições conceituais feitas por estudantes da graduação em Química-Licenciatura. Nesta perspectiva buscou-se, a partir dos registros documentais institucionais de um dado contexto formativo, analisar o nível de aprofundamento conceitual dos discentes sobre o fenômeno da Radioatividade e como as interações dialógicas num grupo de estudo na rede social *Facebook* facilitaram a assimilação dos conteúdos abordados e contribuiu para a participação efetiva dos discentes neste processo formativo. Para isso, foram analisadas discussões dialógicas realizadas nessa rede por dez discentes regularmente matriculados no componente curricular eletivo “Introdução à Química Nuclear” ofertado no segundo semestre do ano letivo de 2015, foi feita uma análise qualitativa de uma pesquisa explicativa para compreender como ocorreu o desenvolvimento conceitual durante as discussões realizadas e de que forma o *Facebook* contribuiu com as atividades formativas. Mediante aos resultados encontrados, foi possível concluir que essa rede permite a sua utilização para discussão e interpretações produtivas para a compreensão de temas científicos, tecnológicos, sociais e ambientais como a Radioatividade, permitindo também a realização de atividades de divulgação científica movidas pelos fatores motivacionais e autônomos estimulados pelas atividades desenvolvidas no grupo de discussão.

Palavras-chave: Tecnologias de Informação e Comunicação. *Facebook*.
Radioatividade.

ABSTRACT

The social network *Facebook* has been present in the daily lives of thousands of people for a long time and has been used in various ways, among them in educational activities of teaching and learning. Having said that, it can provide an adequate environment to the development of methodologies for the approach and understanding of Radioactivity. This theme has great historical and social relevance in light of the positive and negative aspects of its uses. Based on this, this research aims to analyze the use of *Facebook* as a teaching and learning resource of Radioactivity through the conceptual contributions made by undergraduate Chemistry students. In this perspective, from the institutional documentary records of a given formative context, we aimed to analyze the level of conceptual deepening of the students on the phenomenon of Radioactivity and how the dialogic interactions in a study group on *Facebook* facilitated the assimilation of the contents addressed and contributed to the effective participation of students in this formative process. For this purpose, dialogical discussions conducted in this network by ten students enrolled in the elective curricular component "Introduction to Nuclear Chemistry" in the second semester of 2015 were analyzed. A qualitative analysis of an explanatory research was made to understand how the conceptual development occurred during the discussions and how *Facebook* contributed with the formative activities. Through the results found, it was possible to conclude that this network allows its use for discussion and productive interpretations for the understanding of scientific, technological, social and environmental topics such as Radioactivity; it also allows the production of scientific dissemination activities driven by motivational and autonomous factors stimulated by the activities developed in the discussion group.

Keywords: Information and Communication technologies. *Facebook*. Radioactivity.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Vantagens e desvantagens do uso das TIC para os professores.....	19
Quadro 2 –	Vantagens e desvantagens do uso das TIC para os estudantes.....	21
Quadro 3 –	Linha do tempo dos marcos científicos da ciência nuclear...	32
Quadro 4 –	Radioisótopos utilizados na indústria e na pesquisa.....	46
Quadro 5 –	Conceituação e transcrições das respostas dos estudantes sobre o fenômeno Radioatividade.....	56
Quadro 6 –	Aspectos da definição de Cember e Johnson (2009, tradução nossa) abordados pelos discentes no Grupo de discussão no <i>Facebook</i>	58
Quadro 7 –	Interações dialógicas na Rede social <i>Facebook</i> sobre o contexto histórico e científico da Ciência Nuclear.....	65
Quadro 8 –	Publicação realizada no dia 19/10/2016 intitulada “Você tem medo da Radioatividade?”	80
Quadro 9 –	Publicação realizada no dia 19/10/2016 intitulada “Você comeria um alimento irradiado?”	82
Quadro 10 -	Discussão realizada entre a equipe editorial do JQI com os seguidores na SNCT (2016)	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Radiografia de dois cristais de sulfato duplo de urânio e potássio, e uma cruz de cobre entre um dos cristais e o filme e as anotações feitas por Becquerel.....	29
Figura 2	- Emissão de partícula alfa do núcleo do ^{226}Ra	35
Figura 3	- Emissão de partícula beta do núcleo do ^{42}K	37
Figura 4	- Emissão de pósitron do núcleo do ^{22}Na	38
Figura 5	- Representação do processo de ionização.....	40
Figura 6(a)	- Tipos mais importantes de radiações ionizantes.....	42
Figura 6(b)	- Fontes de Radiação naturais e artificiais.....	42
Figura 7	- Série Radioativa do ^{238}U	44
Figura 8	- Edição JQI “Ciência nuclear através do tempo”	76
Figura 9	- Cartaz de divulgação de promoção do evento da SNCT na página do Jornal.	78

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral.....	14
2.2	Objetivos Específicos.....	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	As tecnologias de informação e comunicação na educação.....	15
3.2	Vantagens e desvantagens do uso das TIC na educação.....	17
3.3	Recursos disponíveis na internet e suas possibilidades educativas.....	23
3.4	Radioatividade.....	28
4	METODOLOGIA	49
4.1	Classificação da pesquisa.....	49
4.2	Delimitação da população e da amostra.....	49
4.3	Instrumentos de coleta de dados.....	50
4.4	Análise dos dados.....	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1	Nível de aprofundamento conceitual dos discentes sobre a radioatividade mapeado a partir da interação dialógica na rede social <i>Facebook</i>	55
5.2	Influência da interação colaborativa virtual na construção do conhecimento sobre a radioatividade no contexto histórico e científico.....	64
5.3	A importância da contribuição motivacional para a autonomia dos estudantes num processo de ensino e aprendizagem formativo.....	74
6	CONCLUSÕES	86
	REFERÊNCIAS	88

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a sociedade tem como parte importante em sua rotina diária as Tecnologias de informação e comunicação (TIC), permitindo interações instantâneas entre povos de diferentes localidades. De acordo com Santos (2014, p.15) as TIC podem ser caracterizadas por dispositivos desenvolvidos pelos seres humanos que possuem a finalidade de obter, armazenar e processar informações, além de estabelecer a comunicação entre esses dispositivos.

Diante disso, esses dispositivos cada vez mais têm sido introduzidos na educação como recursos pedagógicos pois possibilitam a troca de conhecimentos e informações (LEITE, 2015). A partir dessas tecnologias estamos conseguindo lidar com as medidas de isolamento social causadas pela pandemia do vírus Sars-Cov-2 permitindo que sejam desenvolvidas atividades formativas sem a necessidade de contato físico.

Dentre esses recursos, merece um destaque especial as redes sociais, muito inseridas na rotina diária da população mundial. Além de serem utilizadas com finalidades diversas – comercial, lazer e comunicação social – também têm sido inseridas no contexto educacional permitindo que estudantes e professores, das mais diversas localidades geográficas, tenham acesso a conhecimentos acadêmicos em qualquer momento e fora dos ambientes formais de ensino e aprendizagem, como ressaltado na citação seguinte:

A internet está cada vez mais presente no sistema educacional e o uso das redes sociais deve ser introduzido no processo pedagógico para romper as paredes da escola, para que aluno e professor possam conhecer o mundo, novas culturas, realidades diferentes, desenvolvendo a aprendizagem através do intercâmbio e aprendizado colaborativo (SILVA e SERAFIM, 2016, p.81).

Em meio as diversas redes sociais existentes, foi analisada e discutida neste estudo a rede social *Facebook* – uma mídia social online e serviço de rede social de propriedade do *Facebook, Inc.* uma empresa multinacional americana de tecnologia com sede em Menlo Park, Califórnia – que tem sido inserida na prática docente de alguns professores como ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de alguns componentes curriculares desenvolvendo discussões que possibilitaram

processos formativos de forma virtual. A partir desta vivência formativa foi possível avaliar qual o potencial desta rede social como recurso didático educacional explorando algumas das suas ferramentas, destacando, entre elas: a possibilidade de encaminhar vídeos, anexar arquivos e imagens, realizar comentários de forma prática e rápida favorecendo a discussão com compartilhamento de ideias. Além do mais as discussões realizadas nas diversas postagens permanecem salvas podendo ser acessadas e analisadas em qualquer momento, permitindo que outros estudantes tenham acesso mesmo não fazendo parte da turma em questão e como registros documentais para estudos educacionais posteriores.

Conforme defendido por Leite (2015) alguns pressupostos precisam ser considerados para a utilização do *Facebook* no processo de ensino e aprendizagem, são eles: permitir ao estudante conhecer melhor os colegas, aprimorando a relação entre eles; aumentar o interesse dos estudantes nos conteúdos apresentados, intensificando sua participação; estimular a motivação em aprender, melhorando o pensamento crítico e reflexivo, além de promover integração, colaboração, interação e participação de todos os envolvidos na atividades virtuais.

Com a utilização do *Facebook* na educação, os professores podem colocar em pauta temas que acreditam ser mais importantes para uma abordagem pedagógica virtual. Um exemplo deles é a "Radioatividade", tendo em vista tratar-se de assunto com importância científica, tecnológica, histórica e social e que desperta atenção da sociedade. Muitos foram os acontecimentos ocorridos desde o final do século XIX até os dias atuais envolvendo a Ciência Nuclear e suas tecnologias. Dentre eles pode ser citado a descoberta dos raios X em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) e da Radioatividade em 1896 pelo engenheiro e físico francês Antoine Henri Becquerel (1852-1908) que representam o marco inicial na linha do tempo desta Ciência com grandes benefícios para a sociedade no contexto atual com aplicações relevantes na Medicina Nuclear (radioterapia e radiodiagnóstico), na irradiação de alimentos, em processos indústrias e na geração de energia, dentre outros. No entanto estes benefícios são muitas vezes mascarados pela divulgação ampla dos grandes acidentes nucleares e seus impactos socioambientais e do uso político das armas nucleares.

No contexto atual da Ciência Nuclear o termo radioatividade, cunhado numa publicação de Marie Curie sobre os raios de Becquerel, se refere às transformações nucleares espontâneas ocorridas nos núcleos de átomos instáveis resultando na

formação de novos elementos. Essas transformações são caracterizadas por diferentes mecanismos, tais como: emissão de partículas alfa, emissão de partículas beta, emissão de pósitrons e pela captura elétrons de orbitais atômicos. Cada uma dessas reações nucleares pode ou não serem acompanhadas pela emissão de radiação gama (CEMBER e JOHNSON, 2009).

Apesar da radioatividade ter sido descoberta por Becquerel no início do ano de 1896, quando estudava os fenômenos fosforescentes de alguns sais, especialmente os de urânio, a caracterização deste fenômeno teve a colaboração de diversos cientistas com destaque para Marie Sklodowska Curie (1867 - 1934) e Pierre Curie (1859 - 1906) cujos estudos, analíticos e de caracterização físico-química, do mineral uraninita (UO_2) – ou pechblenda – levou à descoberta de novos elementos radioativos – polônio (Po) e rádio (Ra). Estes estudos foram fundamentais para a compreensão da natureza atômica do fenômeno e o desenvolvimento do Modelo Padrão da Física de partículas – teoria que descreve as forças fundamentais no universo e classifica todas as partículas elementares conhecidas, desenvolvida ao longo da segunda metade do século 20, por meio do trabalho de muitos cientistas ao redor do mundo (MARTINS, 1990).

Portanto a partir da compreensão sobre o potencial motivacional para uma abordagem educacional interdisciplinar e contextualizada da radioatividade os professores podem elaborar o planejamento educacional com metodologias formativas incluindo a rede social *Facebook*. A qual, possibilita, além das discussões desenvolvidas nos ambientes formais de ensino e aprendizagem, ampliar o espaço dialógico entre os estudantes e o professor com acesso as informações diversas sobre o objeto de estudo, compartilhados mundialmente, que possibilitam desenvolver um olhar mais amplo, no contexto tanto histórico como da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) para, desenvolver uma análise crítica dos aspectos negativos e positivos da Ciência Nuclear e suas tecnologias sempre buscando levar em consideração a minimização dos riscos e os benefícios para a humanidade.

Diante destes pressupostos a problemática investigada nesta pesquisa busca responder a seguinte questão de investigação: “Como a rede social *Facebook* pode ajudar no entendimento da Radioatividade a partir de um grupo fechado constituído de estudantes universitários do curso de formação docente em Química? ” Nesta perspectiva é importante verificar como as interações colaborativas possibilitadas

pelos recursos da rede social *Facebook* contribuem para uma maior compreensão no contexto histórico e conceitual deste fenômeno, permitindo assim, analisar como essa mídia social influencia positivamente no desenvolvimento de discussões mais reflexivas acerca dos fenômenos radioativos.

No decorrer desta monografia também serão apresentadas as discussões teóricas sobre as práticas pedagógicas desenvolvidas da rede social *Facebook* e a radioatividade, estruturados pelos seguintes tópicos: (i) Tecnologias de Informação e Comunicação na educação, (ii) Vantagens e desvantagens do uso das TIC na educação, (iii) Recursos Disponíveis na *internet* e suas possibilidades educativas e (iv) Radioatividade. Na metodologia está descrito o percurso metodológico definido para alcançar os objetivos, geral e específicos, delineados no estudo e na sequência serão apresentados e discutidos os dados documentais que possibilitaram tirar conclusões sobre o uso da rede social *Facebook* como recurso didático no ensino e aprendizagem da radioatividade.

Portanto, levando-se em consideração que o campo de investigação desse estudo é a comunidade acadêmica de um curso de formação docente em Química de uma Instituição Pública da Mesorregião do Agreste Pernambucano, onde muitos destes graduandos são domiciliados e irão atuar como docentes em um futuro próximo, pode-se considerar a importância deste estudo por possibilitar a esta comunidade acadêmica conhecer e refletir sobre as vantagens da utilização da rede social *Facebook* como recurso didático no desenvolvimento de atividades formativas diferenciadas e motivacionais para a participação ativa dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar o uso da rede social *Facebook* como recurso didático no ensino e aprendizagem da radioatividade.

2.2 Objetivos Específicos

- Examinar o aprofundamento conceitual dos discentes sobre a radioatividade a partir da interação dialógica na rede social *Facebook*.
- Verificar como a interação colaborativa influenciou na construção do conhecimento sobre a radioatividade no contexto histórico e científico.
- Constatar a importância da contribuição motivacional para a autonomia dos estudantes num processo de ensino e aprendizagem formativo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 As tecnologias de informação e comunicação na educação

O desenvolvimento tecnológico fez surgir novas tecnologias educacionais como recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem. E estes têm contribuído para práticas formativas dinâmicas, interativas e contextualizadas na realidade socioambiental dos estudantes. Com base nessas considerações pressupõe-se como sendo necessário o uso de recursos tecnológicos na educação, contribuindo para uma maior atenção e protagonismo dos estudantes. Na pesquisa e no ensino esses recursos, modernos e inovadores, têm desempenhado um papel importante na interatividade no mundo virtual, numa escala global.

Estes recursos tecnológicos, criados com a finalidade de melhorar a comunicação e integração das pessoas, têm possibilitado o compartilhamento das informações sobre as diversas áreas do conhecimento, com destaque para as tecnologias de informação e comunicação (TIC), definidas por (SANTOS, 2014, p.15) como “dispositivos produzidos com a finalidade de obter, armazenar e processar informações, além de estabelecer comunicação entre diferentes dispositivos, possibilitando que tais informações sejam disseminadas ou compartilhadas”. Este autor também relaciona uma variedade de dispositivos que, sendo resultado do desenvolvimento tecnológico, incluem-se neste conceito de TIC: calculadoras, copiadoras, impressoras, telefone, rádio, televisão, computadores (incluindo nesse conjunto *desktops, laptops, tablets, smartphones*), projetores de imagem, câmeras de vídeo ou fotográficas, entre outros.

A utilização dessas tecnologias de informação e comunicação na educação se expandiu com a criação da *internet*, uma rede mundial de comunicação via computadores. Criada durante a Segunda Guerra Mundial, com fins militares, foi inicialmente denominada de “ARPANET” sendo depois utilizada, com fins científicos, nas universidades americanas. Rapidamente desenvolveu-se passando a integrar serviços socialmente importantes tais como: correio e comércio eletrônico, listas de discussão, entres outros. A criação do protocolo *www (World Wide Web)*, em 1989, permitiu o desenvolvimento de interfaces (*sites*) integrando textos, imagens, sons e ligações (*links*) com outras interfaces. No entanto tais recursos, poderosos e revolucionários, eram limitados a alguns pesquisadores no mundo. A popularização

global da *Internet* só ocorreu, a partir de 1993, com a criação e disseminação dos mecanismos de navegação na rede (*browsers*, tais como: *Mosaic*, *Netscape*, *Explorer*). Atualmente a *Internet* tem como usuários: pessoas, empresas, instituições públicas e privadas em todo mundo. (VIDAL e MAIA, 2020).

Segundo estimativas publicadas no *Internet World Stats* (2021), há no mundo mais de 5,05 bilhões de usuários conectados à *internet*, o que corresponde a 64,2 % da população mundial com acesso ao universo virtual. Esta mesma fonte indica ainda que o crescimento na conexão em rede, verificado na América Latina no período de 2000 a 2021, atingiu 2544% enquanto o crescimento mundial se situou em 1300%. Neste contexto, o Brasil possuía até o dia 31 de dezembro de 2019, um pouco mais que 149 milhões de usuários, sendo esse valor referente a 70,1% da população total do nosso País, mostrando que a *internet* já se faz presente diariamente na vida da maior parte dos brasileiros. Dados desta natureza revelam que uma grande e crescente fatia da sociedade global utiliza-se das novas tecnologias, para as mais diversas atividades. No Brasil, essa prática vem se ampliando de forma acelerada nos últimos anos, se comparado à média mundial de conexão em rede.

No âmbito educacional, a *internet* oferece muitas possibilidades de uso, especificamente na modalidade de Educação à Distância (EAD) com grande quantidade de instituições ofertando cursos de extensão, especialização, graduação e pós-graduação através da *Internet* no ciberespaço brasileiro. Na atualidade tornou-se uma ferramenta ainda mais utilizada pelas comunidades escolares e acadêmicas na realização de atividades diversas tais como: pesquisa, compartilhamento de informações, divulgação de projetos e trabalhos acadêmicos e tem sido essencial nas atividades educacionais em rede, especificamente durante a pandemia de COVID-19. Portanto, levando-se em consideração estas aplicações educacionais da *Internet* é importante que estudantes e professores tenham conhecimento e domínio no uso das ferramentas e dos seus potenciais educacionais viabilizando que sejam inseridas rotineiramente na prática docente como forma de facilitar o acesso e compartilhamento da informação entre os usuários, até mesmo em qualquer lugar do mundo. No entanto, o uso da *internet* na prática docente não pode ser pautado nos modelos didáticos tradicionais, mas buscando-se uma prática docente que consiga unir de forma satisfatória a aprendizagem virtual e presencial (VIDAL e MAIA, 2020, p.54).

Além da amplitude social do uso da *Internet* deve-se levar em consideração o seu potencial como recurso educacional motivacional da participação ativa dos estudantes ao longo do no seu processo formativo, como destacado na citação seguinte:

A utilização de novos espaços de aprendizagem busca resgatar o interesse peculiar do aluno pelo que lhe é conhecido, que lhe é atrativo; aprender faz parte da essência do indivíduo e pode surgir das mais diversas situações e contextos, inclusive nas redes sociais (CARVALHO, 2009, apud SOUZA e SCHNEIDER, 2012, p.2105)

Segundo Guimarães e Ribeiro (2011), algumas ferramentas tecnológicas já estão sendo utilizadas há bastante tempo na prática docente, especificamente na exposição de vídeos e filmes e apresentação de slides. Porém o uso inadequado e exagerado destes recursos pode diminuir a eficácia do processo de ensino e aprendizagem além de favorecer o caráter centralizador do professor no processo formativo e interferir no desenvolvimento da aprendizagem com os estudantes desempenhando o papel de meros espectadores. Ainda de acordo com este referencial a partir do reconhecimento de tais limitações pelos agentes educacionais podem surgir novas perspectivas de práticas pedagógicas utilizando o computador e outros recursos tecnológicos. Sendo assim, o professor, ao incluir as TIC no seu planejamento pedagógico utilizando metodologias que incentivem a aprendizagem participativa dos estudantes, colocando-os como agentes principais do processo formativo, estará, de certa forma, abrindo mão do seu papel centralizador e oportunizando a interação dialógica efetiva dos estudantes que se percebem como parte importante tendo, assim, maior participação e protagonismo no processo de ensino e aprendizagem.

3.2 Vantagens e desvantagens do uso das TIC na educação

Com a pandemia causada pelo vírus SARS-COV-2, a população mundial teve que se adequar a uma nova realidade social devidos as políticas de prevenção e controle que foram impostas à sociedade. Neste contexto de saúde pública global, muitas atividades laborais e acadêmicas passaram a ser feitas virtualmente, respeitando-se as medidas de isolamento social e buscando-se reduzir o número de

casos, para não saturar o atendimento das redes de saúde pública. Neste cenário socioeducacional ficou bastante evidenciada a importância das TIC na sociedade atual, demonstrando o quão necessário é a inclusão dos brasileiros na sociedade da informação além de exigir, por forças circunstanciais que as comunidades escolares e acadêmicas passassem a utilizar tais ferramentas tecnológicas no processo formativo. No entanto é importante ressaltar que o presente estudo faz uma análise documental do uso da rede social Facebook como recurso didático no ensino e aprendizagem da radioatividade num dado contexto pedagógico anterior, no período de 2015 a 2016, evidenciando a inserção das TIC na formação docente inicial e anterior à pandemia.

No âmbito educacional as TIC têm proporcionado às comunidades acadêmicas e escolares das instituições de ensino, públicas e privadas, várias ferramentas que podem ser usadas como recursos didáticos. Partindo do pressuposto de que a eficácia dessas ferramentas está condicionada ao uso educacional das mesmas Leite (2015, p.32) evidencia a necessidade de atualização do professor diante das novas tecnologias disponíveis para que possa desenvolver práticas pedagógicas atreladas as múltiplas oportunidades proporcionadas pelas TIC. Este mesmo autor resalta ainda que essas tecnologias se tornaram tão essenciais e necessárias no contexto educacional atual quanto foram o “quadro e o giz em tempos passados”.

Nesta mesma perspectiva, e diante dos desafios e incertezas postos pelos avanços tecnológicos educacionais, destaca-se a importância da formação docente, inicial e continuada, para a inclusão digital ampla no sistema educacional brasileiro como ressaltado na citação seguinte:

Vive-se em tempos de mudanças na educação, marcadas por avanços tecnológicos, trazendo para a escola e para o professor desafios e incertezas. O contexto emergente promove e provoca o encontro entre educação e as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), suscitando processo formativo e atualização do professor para que possa aliar as novas tecnologias em sua prática na sala de aula (VEIGA e MELO, 2016, p. 106).

Ainda segundo Veiga e Melo (2016, p.106), considerando a importância da inclusão digital na formação docente inicial e continuada, há necessidade de atualização permanente nesse processo formativo no sentido de acompanhar as novas concepções e adquirir competências e habilidades para realizar “um trabalho

reflexivo, comprometido e envolvido com a efetivação de conhecimentos necessários para a vida na sociedade atual”.

Como ressaltado por Leite (2015) o conceito de aula tornou-se mais abrangente a partir da utilização educacional das TIC possibilitando que temas, discutidos até então no processo de ensino e aprendizagem presencial, pudessem também ser abordados virtualmente. Isso tem possibilitado aos estudantes, mesmo fora do ambiente escolar, a partilha de informações na rede, ampliando, assim, as perspectivas metodológicas de ensino e aprendizagem com o planejamento e realização de atividades educacionais nas modalidades: (i) SÍNCRONAS: atividades que ocorrem com a participação de todos num mesmo espaço temporal e horário determinado; (ii) ASSÍNCRONAS: atividades que podem ser realizadas em horários diferenciados sem a necessidade de estar junto.

Levicoy (2013) discute alguns aspectos relativos à utilização educacional das TIC apontando as vantagens e desvantagens no âmbito tanto dos professores quanto dos estudantes. Destaca ainda a importância do domínio das tecnologias digitais por parte do professor, permitindo-lhe escolher, diante das possibilidades existentes, aquela que considera mais adequada num determinado contexto da sua prática pedagógica e diante dos objetivos educacionais propostos. Dessa forma o professor poderá extrair muitas das vantagens que esses recursos têm a oferecer. No Quadro 1, apresentado a seguir, estão destacadas as vantagens e desvantagens do uso das tecnologias digitais na prática docente, no âmbito dos professores, citados por este autor:

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens do uso das TIC para os professores.

▪ VANTAGENS:

- Acessar inúmeras fontes de conhecimento e metodologias para o desenvolvimento de práticas pedagógicas.
- Realizar palestras sem a necessidade de espaço físico e propor atividades para os estudantes realizarem fora do horário de aula.
- Manter uma comunicação mais fluida com os estudantes, pois dúvidas sobre as atividades podem ser esclarecida em tempo real, por e-mail, *skype*, etc.
- Manter comunicação constante e fluida com outros docentes da mesma comunidade acadêmica e de outras instituições, para desenvolver pesquisas e compartilhar experiências.

<ul style="list-style-type: none"> — Ter acesso rápido às informações mais importantes e relevantes sobre um tema de interesse, que podem ser organizadas no computador ou no ciberespaço.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ DESVANTAGENS: <ul style="list-style-type: none"> — Necessidade do aprimoramento constante dos professores, com investimento temporal e/ou financeiro. — Maior disponibilidade temporal dos professores com a grande quantidade de informações exigindo dos mesmos uma análise sobre a relevância da informação e conclusão sobre erros. — Às vezes, os professores tornam-se dependentes de determinada tecnologia usando-a rotineiramente na sua prática docente. Se por ventura ela falhar, o professor terá dificuldades pedagógicas por não ter planejado outras opções.

Fonte: Levicoy (2013).

Analisando-se os pontos destacados por Levicoy (2013) no Quadro 1 verifica-se a importância dos professores, que buscam introduzir as tecnologias digitais na prática docente, refletirem sobre os aspectos positivos e negativos atrelados do uso destas ferramentas tecnológicas como recurso didático. Assim, poderão planejar e desenvolver metodologias de ensino e aprendizagem apropriadas ao contexto socioeducacional e aos objetivos educacionais propostos visando a eficácia do processo desse processo. Dentre as vantagens citadas por Levicoy (2013) destacam-se, no contexto da prática docente, a maior fluidez na comunicação das comunidades acadêmicas e escolares e possibilidade de acesso rápido às inúmeras fontes de conhecimento, metodologias e informações relevantes sobre um tema de interesse. Ficou ainda evidenciada a necessidade da formação docente, inicial e continuada, em tecnologias educacionais adquirindo competências e habilidades para o uso didático das TIC na prática docente, que pode demandar tempo e investimento. Esta formação exige atualização permanente diante dos avanços e constantes transformações das tecnologias digitais.

No Quadro 2, estão destacadas as vantagens e desvantagens do uso das tecnologias digitais pelos estudantes durante o processo de ensino e aprendizagem citados por Levicoy (2013):

Quadro 2 – Vantagens e desvantagens do uso das TIC para os estudantes.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ VANTAGENS: — Poder acessar vários recursos educacionais para ter conhecimento sobre determinado conteúdo. — Aumentar a motivação dos estudantes para o processo formativo pois as TIC são atrativas e despertam curiosidade e atenção. — Possibilitar uma proximidade maior entre estudantes e professores facilitada pela comunicação por e-mail, Skype, etc. — Promover a aprendizagem cooperativa entre um grupo de estudantes.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ DESVANTAGENS: — Poder acessar grande quantidade de informações favorecendo a distração dos estudantes na busca por informações. Em algumas ocasiões, as informações obtidas estão incorretas. — A aprendizagem colaborativa dos estudantes pode contribuir para reduzir a responsabilidade individual dos mesmos no processo formativo. — O acesso a diferentes redes sociais durante o trabalho remoto favorece inúmeras distrações desviando a atenção do estudante do objetivo educacional. — O acesso à grande quantidade de informações favorece o plágio ("recortar e colar") nos trabalhos escolares.

Fonte: Levicoy (2013).

Portanto, conforme o que está destacado no Quadro 2, o uso das TIC no contexto educacional além de possibilitar ao estudante ter acesso aos recursos educacionais diferenciados sobre determinado conteúdo tem impacto motivacional da participação ativa do mesmo no processo formativo, promovendo a interação dialógica entre estudantes e professores e, assim, um processo de ensino e aprendizagem cooperativo. Dessa forma, as propostas pedagógicas tenderão a serem mais proveitosas com o professor mantendo, mais facilmente, os estudantes focados nos objetivos didáticos.

Além disso a possibilidade ampla de realizar pesquisas sobre os temas abordados na *internet* pode ampliar a discussão didática com maior cooperação favorecendo, assim, a compreensão sobre o objeto de discussão. Tratando-se de metodologias diferenciadas poderão aumentar o interesse e a participação dos estudantes no processo formativo. Neste contexto é necessário que os estudantes estejam cientes dos objetivos educacionais propostos no planejamento docente e nas

atividades didáticas demandadas nesta perspectiva formativa visualizando que o uso de tais ferramentas tem como objetivo favorecer a discussão mais dinâmica e colaborativa sobre os conteúdos educacionais contribuindo, assim, para a eficácia do processo de ensino e aprendizagem.

Levicoy (2013) também destaca vantagens e desvantagens do uso educacional das TIC atreladas à grande quantidade de informações disponíveis em rede possibilitando várias opções de busca aos usuários e cujo acesso pode favorecer a melhor compreensão dos temas em discussão. No entanto observa a necessidade de que os estudantes precisam ser orientados no sentido de ter cuidado e saber filtrar quais fontes podem ser consultadas, direcionando o foco da busca ao que é de interesse neste contexto formativo evitando-se, dessa forma, distração, desperdício de tempo e de conhecimento. Além disso alerta que o acesso à grande quantidade de informações favorece o plágio nos trabalhos escolares.

Apesar do destaque dado às TIC, como recurso didático, deve-se levar em consideração que apenas o uso educacional destas ferramentas tecnológicas não irá, necessariamente, favorecer a eficácia do processo de ensino e aprendizagem. Neste contexto o mais importante é a forma como os profissionais da educação irão integrá-las na sua prática docente e como os estudantes irão adaptar-se a estes recursos didáticos inovadores, como destacado por Kenski (2008, p.9) ao afirmar que “os processos de interação e comunicação no ensino sempre dependeram muito mais das pessoas envolvidas no processo, do que das tecnologias utilizadas, sejam o livro, o giz ou o computador e as redes”.

Com relação a existência de um ambiente colaborativo entre professor e os estudantes durante a utilização das TIC no processo de ensino e aprendizagem, Kenski (2008) também considera ser este aspecto primordial, na perspectiva de se alcançar bons resultados educacionais, considerando que ambos são seres sociais que aprendem juntos. Neste processo dialógico mediado por essas tecnologias o professor deve sempre estimular a participação ativa dos estudantes nas discussões expondo suas opiniões e objeções. Sendo assim, essa comunicação virtual satisfatória irá favorecer o papel da educação na formação cidadã.

Kenski (2008) faz ainda algumas reflexões sobre a relação existente entre professores e estudantes, que se encaixam perfeitamente com as ideias de Levicoy (2013, tradução nossa) sobre as vantagens e desvantagens do uso das TIC na educação, reafirmando a importância de introduzir as diversas ferramentas

tecnológicas no processo de ensino e aprendizagem, salientando que este processo virtual irá favorecer a interação dialógica dos estudantes dando-lhes maior autonomia e responsabilidade nesse processo favorecida pela maior facilidade em expor suas dúvidas e ideias, se posicionando criticamente sobre elas. Ressalta também como vantagem do uso das TIC na educação estimular o processo de ensino e aprendizagem colaborativo, facilitado pelas ferramentas da rede que podem ser utilizadas por muitas pessoas, trabalhando com as informações ao mesmo tempo e em diferentes locais ou mesmo em momentos diferentes.

Diante das considerações anteriores pode-se concluir que existem uma gama de possibilidades educacionais oportunizadas pelo uso das TIC como recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem. Muitos destes recursos podem ser planejados e utilizados com o objetivo de dinamizar os processos didáticos, permitindo ao professor fazer uma abordagem diferenciada de determinado conteúdo com auxílio tecnológico e aos estudantes desenvolverem novas formas de enxergarem os conteúdos, podendo assim se apropriarem e discutirem com maiores profundidades sobre os diversos temas usando a *internet* como base nesse processo. No entanto, é necessário ter ciência das limitações atreladas ao uso educacional das TIC, cabendo ao professor identificar e reduzi-las ao máximo, levando a resultados educacionais favoráveis.

3.3 Recursos disponíveis na *internet* e suas possibilidades educativas

A grande quantidade de recursos que a *internet* disponibiliza para uso educacional contribuiu para o desenvolvimento de novas metodologias de ensino e aprendizagem utilizando vários tipos de ferramentas tecnológicas na discussão pedagógica, tais como: vídeos, revistas, programas educativos, redes sociais além de outras ferramentas disponíveis. Dessa forma se oportunizou que diversos temas que eram discutidos apenas na perspectiva de conhecimento dos professores, pudessem ser abordados unindo as ideias de outros pesquisadores, dinamizando a discussão a partir da utilização destas tecnologias (SANTOS, 2014).

Segundo Leite (2015) a *internet* possui recursos que permitem aprimorar os mecanismos sensoriais dos educandos, principalmente os audiovisuais, estimulando a criatividade ressaltando ainda que com a utilização desses recursos as chances de motivar os estudantes para a compreensão do tema em discussão serão maiores.

Além disso, possibilita ao professor, ao usar tais ferramentas, contextualizar os conteúdos educacionais com exemplos cotidianos. Alguns dos recursos tecnológicos disponíveis na *internet* e que são destacados por este autor para uso educacional estão apresentados e descritos a seguir:

- HIPERMÍDIA: trata-se de um recurso tecnológico que tem um papel importante no processo de ensino e aprendizagem pois possibilita a passagem de diversas formas de linguagem, dentre elas textos, imagens e sons, buscando facilitar a assimilação dos conteúdos. O seu funcionamento se dá por meio da interatividade que esses sistemas possibilitam, os quais são abertos, permitindo ao usuário, interagir e modificar documentos de acordo com suas concepções, auxiliando no processo de construção do conhecimento.
- BLOGS: O termo "blog" se refere a uma das primeiras ferramentas que iniciaram a abordagem de conteúdos educacionais virtuais. São determinadas páginas criadas na *Internet* onde são publicadas periodicamente algumas informações de temas de interesse do autor e discussões com os leitores de forma prática e rápida. Graças a possibilidade dessa relação autor/leitor os blogs se tornaram ambientes propícios para a troca de conhecimentos. Essa interação dialógica propicia aos participantes se sentir ouvido e respondido. Atualmente vem perdendo espaço para outras ferramentas, incluindo as redes sociais, porém é evidente a importância dos blogs na linha do tempo da tecnologia sendo parte integrante da educação.
- WIKIS: mais conhecida por "Wikipédia", é uma ferramenta desenvolvida na forma de website, derivada da Nupédia (Enciclopédia online de livre acesso). Foi criada para ser uma plataforma que permite aos usuários construir e complementar as informações sobre determinado tema. Tem estrutura semelhante ao de um "blog", porém com uma função a mais, possibilitando a qualquer pessoa acrescentar, apagar, editar os conteúdos já apresentados, ou seja, promovendo a cooperação de informações. Por ser uma plataforma muito dinâmica, que permite diversas pessoas desenvolverem os artigos, necessita-se ter certo cuidado no compartilhamento dessas informações, pois muitos desses temas, possuem reflexões equivocadas, que necessitam serem filtradas para a sua utilização. Atualmente é bastante acessada pela sociedade quando se busca esclarecimento sobre dúvidas referentes a um tema específico, mesmo sabendo das suas possíveis falhas.

- REDES SOCIAIS: são recursos tecnológicos disponíveis na *internet* que proporcionam novas formas de organização social, possibilitando as pessoas se relacionar virtualmente, independente da sua localização geográfica no âmbito mundial, possibilitando, assim, o desenvolvimento de muitos laços de amizade e aumentando a velocidade da difusão de ideias. Além do mais, as redes sociais permitiram a exposição de opiniões dos mais diversos temas e seu compartilhamento com um número elevado de pessoas. Na atualidade as redes sociais estão fortemente inseridas no dia a dia das pessoas e se tornaram o meio de comunicação mais usual através do qual povos com diversas faixas etárias e culturas em todo o mundo passaram a interagir melhor graças a elas. Além de serem muito úteis como forma de distração e comunicação, podem ainda favorecer o processo de ensino e aprendizagem sobre temas diversos, ampliando as possibilidades de discussões que podem ser bastante proveitosas para amadurecimento da compreensão dos assuntos já abordados nos ambientes formais de ensino e aprendizagem. Além disso, as redes sociais permitem aos estudantes trocar informações e experiências, desenvolver fóruns para discussão sobre várias temáticas, divulgar ideias e conceitos pertinentes ao debate, permitindo uma comunicação rápida e produtiva aos seus integrantes.

Considerando o contexto desse Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), será discutido com mais ênfase a potencialidade das redes sociais como um dos recursos tecnológicos disponíveis na *internet* com potencial para ser utilizado na educação.

Conforme defendido por Silva e Serafim (2016) assim como Juliani, et al. (2012) utilizar redes sociais na educação não é um processo fácil, considerando que uma grande parcela da população encara essas plataformas apenas como meio de se relacionar e de lazer. Sendo assim quando utilizadas como recurso didático nos ambientes formais de ensino e aprendizagem poderão aumentar o desinteresse dos estudantes pelos conteúdos educacionais. Nesta perspectiva muitas instituições escolares proíbem o uso das redes sociais alegando que as mesmas não resultam em qualquer benefício ao processo educacional. No entanto, segundo estes mesmos referenciais, quando bem utilizadas no processo educacional, com explicações detalhadas dos objetivos didáticos, as redes sociais podem ser um auxílio a mais para

uma melhor assimilação dos conteúdos favorecendo a eficácia do processo de ensino e aprendizagem.

Dentre as redes sociais disponíveis na atualidade o *Facebook*, desenvolvida por alguns jovens norte-americanos da Universidade Harvard no ano de 2004, se destaca como sendo a rede social que possui maior número de usuários. Desde sua criação já possuía algumas utilidades direcionadas para a educação, tendo como objetivo principal colocar o perfil dos estudantes desta Universidade na rede. O seu sucesso foi tão grande que a partir do ano de 2006 todas as pessoas que eram maiores de idade ou que já cursavam o Ensino Superior puderam se conectar para socializar seus conhecimentos neste ciberespaço (SCHERER e FARIAS, 2018).

Com a grande aceitação pelo público, e com o passar do tempo, houve um aumento significativo no número de usuários dessa rede social. De acordo com dados da própria plataforma (FACEBOOK, 2021) são cerca de 1,79 bilhão de pessoas em todo mundo acessando diariamente o *Facebook*, cerca de 2,7 bilhões de usuários por mês, sendo a rede de maior alcance social no Brasil. Conforme estimativas publicadas pela *Internet World Stats* (2021) até junho de 2020 pouco mais de 139 milhões de brasileiros utilizaram a rede social *Facebook*, uma taxa de penetração de 65,8 %.

Com base nestes pressupostos pode-se considerar que as redes sociais possibilitaram novas formas de interação social inclusive que as pessoas, nos mais diversos lugares do mundo, possam se conectar e interagir. Isso é possível graças a facilidade em acessar estes recursos disponíveis na *internet* por meio de celulares, tablets e computadores.

Portanto a utilização da rede social *Facebook* na prática docente possibilita aos estudantes adquirirem e ampliarem conhecimentos fora dos ambientes formais de ensino e aprendizagem tornando sem fronteiras o espaço formativo, ao possibilitar que o conhecimento pode ser acessado e discutido, independentemente do espaço geográfico, como destacado na citação seguinte sobre esta rede:

A ferramenta contribui positivamente na maior comunicação entre professores e alunos, na realização de atividades complementares, em estender a aprendizagem dos alunos para além do tempo da aula em si, estimulando e ampliando as pesquisas a temas de interesse ou, ainda, dar continuidade aos mesmos em comunicações na rede (SCHERER e FARIAS, 2018, p.14).

Ainda, conforme defendido por Scherer e Farias (2018), o *Facebook* permite que o processo de ensino e aprendizagem possa ser desenvolvido virtualmente e, nesta perspectiva formativa, o foco educacional deve ser a possibilidade de ampliar o processo além dos ambientes formais de ensino e aprendizagem, favorecendo a autonomia dos estudantes.

Assim, o uso educacional do *Facebook* possibilita o planejamento e desenvolvimento de práticas educacionais dinâmicas a partir das ferramentas disponíveis nessa rede permitindo o compartilhamento de arquivos, em formatos diversos, buscando-se promover um processo de ensino e aprendizagem colaborativo com a participação ampla dos professores e estudantes em atividades diferenciadas, como destacado na seguinte citação:

Seu uso pedagógico permite a organização de grupos de trabalhos de livre acesso e, assim, alguns documentos como textos, vídeos ou imagens podem ser compartilhados. Como várias ferramentas possibilitam a realização de enquetes, mensagens ou organização de eventos, o professor pode dialogar com os alunos, comentar suas postagens, enviar mensagens, expressar sentimentos e realiza intervenções. (VAGULA, 2014, p.9)

Ainda de acordo com (VAGULA, 2014), a rede social *Facebook*, através do seu chat, possibilita a comunicação direta, e fora dos ambientes formais de ensino e aprendizagem, entre professores e estudantes na perspectiva de discutir as dúvidas persistentes sobre determinado conteúdo, de forma prática e rápida gerando, assim, novos conhecimentos. Nesta perspectiva considera ainda a necessidade de se agendar horários específicos para estas discussões virtuais possibilitando, assim, a participação da maioria dos estudantes. Neste sentido favorece a extensão do processo educacional fora dos ambientes formais de ensino e aprendizagem.

O processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos sobre a Ciência Nuclear e suas tecnologias, incluindo a radioatividade, na formação docente inicial pode ser favorecido pela inserção das TIC como recursos didáticos na prática docente. Como já observado anteriormente muitos destes recursos quando utilizados podem dinamizar os processos formativos, possibilitando uma abordagem didática diferenciada de determinado conteúdo auxiliada pela tecnologia. Com isso os estudantes são motivados para se apropriar e discutir com maior profundidade os diversos temas usando a *internet* como base nesse processo. A radioatividade é uma temática bastante conhecida e instigante devido, principalmente, aos impactos

negativos, sociais e ambientais, das armas nucleares e dos acidentes nucleares que ocorreram no mundo. Mas, além dos efeitos deletérios o uso da Ciência Nuclear e suas tecnologias resulta em vários benefícios para a sociedade que precisam ser evidenciados e compreendidos para mudar esta visão social negacionista. Dentre estes benefícios destacam-se as aplicações na Medicina Nuclear (radioterapia e radiodiagnóstico), nas indústrias, na irradiação de alimentos e na geração de energia limpa, sem a emissão de gases de efeito estufa. A partir da compreensão dos processos radioativos e seus benefícios, minimizando os riscos através dos preceitos da proteção radiológica, a sociedade poderá tomar consciência e compreender, sem receios e tabus, a importância da Ciência Nuclear e suas tecnologias no mundo moderno.

3.4 Radioatividade

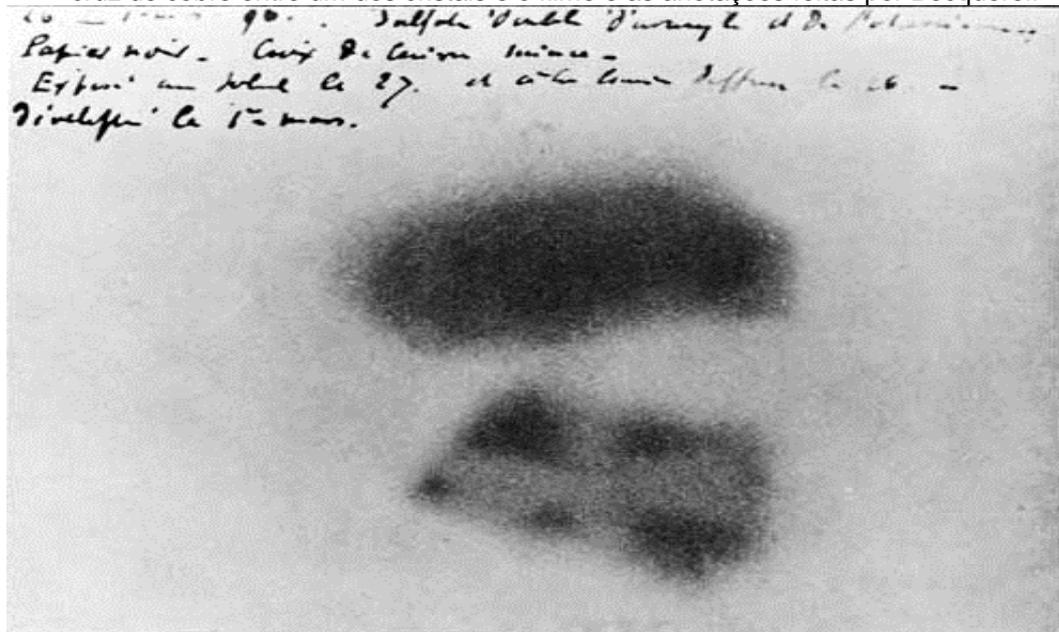
De acordo com Okuno e Yoshimura (2010) o fenômeno da radioatividade foi descoberto no ano de 1896 por Antoine-Henri Becquerel, sendo tida como uma das maiores descobertas da humanidade, marcando o início da Física Nuclear. Tal descoberta foi feita enquanto Becquerel verificava os fenômenos fosforescentes dos raios x de Röntgen em alguns sais. Nesses experimentos Becquerel colocava o material fosforescente sobre uma chapa fotográfica embrulhada com papelão preto e o conjunto era exposto à radiação solar supondo que essa radiação faria o material fosforescer, isto é, emitir luz, a qual, por sua vez, sensibilizaria o filme. Becquerel não obteve êxito nas primeiras experiências feitas com substâncias fosforescentes, fazendo com que fosse depositado as suas esperanças sobre os sais de urânio, que pareciam ter propriedades interessantes do ponto de vista da fosforescência e da absorção de luz.

Ainda conforme Okuno e Yoshimura (2010), nos dias 26 e 27 de fevereiro de 1896, Becquerel tentou repetir o experimento utilizado dois cristais de sulfato duplo de urânio e potássio - $K_2(UO_2)(SO_4)_2$ - com uma fina cruz de cobre entre os dois cristais e o filme. Contudo, nesses dias o experimento não pode ser feito, pois o céu estava nublado. Então Becquerel resolveu colocar esse conjunto dentro de uma gaveta e aguardar o clima melhorar para assim realizar o experimento. Mas, como o tempo permaneceu nublado Ele decidiu revelar o filme esperando que o mesmo apresentasse apenas manchas bastante claras em razão da pouca luminosidade

recebida. No entanto, as manchas se apresentaram muito mais escuras do que o previsto. Becquerel percebeu que estava diante de raios emitidos, mesmo na ausência do sol.

Na Figura 1 pode-se ver uma reprodução da famosa imagem com a primeira evidência dos “raios de Becquerel” mostrando as manchas formadas na chapa fotográfica pelos sais de urânio bem como os contornos da cruz de cobre:

Figura 1: Radiografia de dois cristais de sulfato duplo de urânio e potássio, e uma cruz de cobre entre um dos cristais e o filme e as anotações feitas por Becquerel.



Fonte da imagem: Margaritondo (2010)

No dia 2 de março, Becquerel relatou sua descoberta à revista *Comptes Rendus*, da Academia de Ciências de Paris. Dando continuidade aos estudos sobre o fenômeno, descobriu, logo em seguida, que os raios emitidos pelo sal de urânio produziam a descarga de corpos eletrificados da mesma forma que os raios x concluindo que essas emissões (ou radiações) apresentavam uma grande analogia com os raios de Röntgen. No dia 22 de março Becquerel finalmente relatou à Academia de Ciências de Paris que os sais de urânio que não eram fosforescentes (ou uranosos) também emitem radiação invisível com a mesma intensidade que os sais de urânio fosforescentes (ou urânicos). Portanto, essa emissão nada tinha a ver com fosforescência, mas sim com o urânio (OKUNO e YOSHIMURA, 2010).

De acordo com Martins (1990, p.38) “os trabalhos de Becquerel não estabeleceram nem a natureza das radiações emitidas pelo urânio nem a natureza

subatômica do processo”. E, neste contexto científico no final do século 19, muitas questões ainda precisavam ser respondidas. Ainda segundo este autor decorreram cerca de dois anos nos quais as radiações do urânio foram pouco discutidas, em decorrência dos resultados obtidos que, nessa época, eram de difícil interpretação. Neste período a discussão científica sobre os Raios de Becquerel parecia ter se esgotado sem que este fenômeno tivesse a repercussão semelhante nos meios de divulgação, social e acadêmico, à da descoberta dos raios x.

Após decorridos dois anos, com poucas pesquisas sobre os “raios de Becquerel”, no início de 1898 dois pesquisadores, de forma independente, tiveram a ideia de buscar outros materiais além do urânio que emitissem radiações do mesmo tipo. Como resultado desses estudos Gerhard Carl Nathaniel Schmidt, na Alemanha e Marie Sklodowska Curie, na França publicaram em abril do mesmo ano, a descoberta de que o tório (Th) também emitia as radiações de Becquerel, capazes de ionizar o ar e de penetrar através de papel opaco, sensibilizando placas fotográficas (MARTINS, 1990).

Os dois pesquisadores utilizaram a câmara de ionização que permitia observar a corrente elétrica produzida entre as duas placas eletrizadas quando o material que emitia radiação era colocado dentro dela. Esse método possibilitou reduzir as interferências que eram observadas na metodologia das chapas fotográficas utilizadas por Becquerel. Assim foi possível verificar que a radiação emitida pelo tório também era observada em todos os seus compostos analisados, como ocorria no urânio, porém apresentavam efeitos fotográficos ainda mais penetrantes. Schmidt diferentemente de Becquerel afirmou que não conseguiu observar a refração nem a polarização dos raios do tório (MARTINS, 1990).

Da mesma forma Marie Curie estudando substâncias químicas puras e alguns minerais percebeu que todos os minerais do urânio e do tório emitiam radiações, observando um fato estranho, conforme transcrição do que foi relatado pela Cientista em 1898, na citação seguinte:

Todos os minerais que se mostraram ativos contêm os elementos ativos. Dois minerais de urânio – a pechblenda (óxido de urânio) e a calcolita (fosfato de cobre e uranila) são muito mais ativos do que o próprio urânio. Esse fato é muito notável e leva a crer que esses minerais podem conter um elemento muito mais ativo do que o próprio urânio. Reproduzi a calcolita pelo processo de Debray com produtos puros; essa calcolita artificial não é mais ativa do que outros sais de urânio (CURIE, 1898, p. 1102, apud MARTINS, 1990).

Nessa ocasião Curie chamou a atenção para o fato de que tanto o urânio quanto o tório serem os elementos de maior peso atômico conhecidos até então. Ela especulou também sobre qual seria a causa desse fenômeno com emissão de energia por esses materiais que “parecia infinita”. Então supôs que seria uma fonte externa, que todo o espaço estaria permeado por uma radiação bastante penetrante, que seria absorvida pelos elementos mais pesados e reemitida de uma forma observável. (MARTINS, 1990, p.40)

Ainda de acordo com Martins (1990), a partir desses resultados experimentais foi possível concluir que a emissão dos “Raios de Becquerel” não era um fenômeno específico do urânio impulsionando o retorno das discussões sobre este fenômeno que Marie Curie denominou de “Radioatividade”, na certeza de que se tratava de um fenômeno mais geral, conforme pode ser visto na citação seguinte:

Os raios urânicos foram frequentemente chamados raios de Becquerel. Pode-se generalizar esse nome, aplicando-o não apenas aos raios urânicos, mas também aos raios tóricos e a todas as radiações semelhantes. Chamarei de radioativas as substâncias que emitem raios de Becquerel. O nome de hiperfosforescência, que foi proposto para o fenômeno, parece-me dar uma falsa ideia de sua natureza (CURIE, 1899, p. 42, apud MARTINS, 1990).

Marie Curie juntamente com seu marido Pierre Curie, buscaram isolar o mineral pechblenda após constatar que ele apresentava atividade superior à do urânio, indicando a possibilidade deste mineral conter, na sua composição, um elemento ainda desconhecido. Assim, por meio de métodos analíticos, separaram os constituintes desse mineral em frações radioativas e inativas. O resultado desse processo, foi a descoberta de um elemento metálico, não identificado até então, 400 vezes mais ativo que o urânio. O novo elemento foi denominado “Polônio” pelo casal de cientistas em homenagem ao País de origem de Marie Curie (MARTINS, 1990).

Numa nova publicação Marie Curie fez uma revisão científica sobre a radioatividade colocando em dúvida a existência de reflexão, refração e polarização dos raios de Becquerel e questionando os estudos de Elster e Geitel sobre a possibilidade de intensificar a radioatividade pela exposição ao Sol. Defendeu ainda a ideia de que a radioatividade é uma propriedade atômica. (CURIE, 1899, apud MARTINS, 1990, p. 41).

Em uma reunião na Academia de Ciências de Paris, o casal Curie junto com Bémont apresentaram um trabalho (CURIE, CURIE & BÉMONT, 1898 apud MARTINS, 1990) apontando evidências da descoberta de mais um novo elemento químico, também extraído da pechblenda, que possuía aproximadamente 900 vezes mais atividade que o urânio. Após caracterização este elemento foi denominado “rádio”, por parecer mais radioativo do que qualquer outro elemento já conhecido até então.

Após esses episódios, muitos outros cientistas investigaram o fenômeno da radioatividade permitindo responder questões que ainda não tinham sido respondidas. O quadro 3 apresenta uma cronologia das principais contribuições de vários cientistas para o desenvolvimento da Ciência Nuclear no final do século XIX e início do século XX.

Quadro 3 - Linha do tempo dos marcos científicos da ciência nuclear.

ANO	DESCOBERTA	CIENTISTAS E COLABORADORES
1895	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descoberta de raios X como resultado da fluorescência produzida por raios catódicos. 	Wilhelm Conrad Röntgen
1896	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descoberta da emissão de radiação penetrante pelo urânio natural. Observando que a radiação do sulfato duplo de urânio e potássio - $K_2(UO_2)(SO_4)_2$ – sensibilizava placas fotográficas, causando cintilações em materiais fluorescentes e descarregava eletroscópios. 	Antoine Henri Becquerel
1896 a 1898	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descoberta que o tório (${}_{90}Th$) é tão ativo quanto o urânio; ▪ Introdução do termo radioativo para denotar substâncias que emitem “radiação de Becquerel”; ▪ Descoberta de que quanto maior a quantidade de urânio e/ou tório na amostra maior a sua atividade; ▪ Descoberta de que a pechblenda é mais radioativa do que do que o urânio e tório, dando a sugestão para a possível existência de outros elementos radioativos. 	Marie Curie Pierre Curie
1897	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descoberta do elétron, a primeira das partículas subatômicas; ▪ Determinou a relação carga/massa (e / me) do elétron. 	Joseph John Thomson
1898	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descoberta e estudo químico do polônio (${}_{84}Po$) e do rádio (${}_{88}Ra$). Nascimento da radioquímica. (Obs. 1000 kg de minério de urânio contém apenas 100 μg de Po e 140 mg de Ra.) 	Marie Curie Pierre Curie Gustave Bémont

1898 a 1899	<ul style="list-style-type: none"> Reconhecimento de que a radiação do urânio contém (pelo menos) dois componentes: Uma radiação α (como Rutherford a chamou) que é “muito prontamente absorvida” pelos materiais e outra (radiação β) “de caráter mais penetrante. Essas radiações foram desviadas por um campo magnético em direções opostas, mostrando que as partículas α são positivas e as partículas β são negativas. 	Ernest Rutherford
1898 a 1902	<ul style="list-style-type: none"> Descoberta de que as radiações possuem efeitos químicos e biológicos. 	Becquerel, A. H. Ernst Bloch Marie Curie
1899 a 1900	<ul style="list-style-type: none"> Descoberta do radônio (${}_{86}\text{Rn}$), um gás nobre, a partir de alguns isótopos dos quais são membros da série de decaimento radioativo que ocorre naturalmente. 	Marie Curie Pierre Curie Friedrich Ernst Dorn Ernest Rutherford
1900	<ul style="list-style-type: none"> Descoberta de raios gama (γ), o tipo de radiação (neutra) que não se curva em um campo magnético. Ele também descobriu que a radiação (nomeada por Rutherford 3 anos depois) tem uma profundidade de penetração ainda maior do que os raios X e outras radiações conectadas com a radioatividade. 	Paul Ulrich Villard
1903	<ul style="list-style-type: none"> Descoberta de que os átomos não são imutáveis. O decaimento radioativo é a transformação espontânea de um núclídeo em outro acompanhada da emissão de uma partícula de radiação. As espécies atômicas geneticamente relacionadas (núclídeo pai \rightarrow núclídeo filho) podem formar séries inteiras de transformações, ou seja, séries de decaimento radioativo. 	Ernest Rutherford Frederick Soddy
1904	<ul style="list-style-type: none"> Provando que a profundidade de penetração da radiação-α muito curta. 	William Henry Bragg

Fonte: Nagy (2021).

Tendo em vista alguns fatos marcantes do contexto histórico do estudo da radioatividade é importante compreender este fenômeno conceitualmente. Na perspectiva deste estudo será referenciada a definição de radioatividade proposta no referencial bibliográfico *Introduction to Health Physics* transcrita a seguir:

A radioatividade pode ser definida como transformações nucleares espontâneas em átomos instáveis que resultam na formação de novos elementos. Essas transformações são caracterizadas por um dos vários mecanismos diferentes, incluindo emissão de partículas alfa, emissão de partículas beta e pósitrons e captura de elétrons orbitais. Cada uma dessas

reações pode ou não ser acompanhada por radiação gama (CEMBER e JOHNSON, p. 85, 2009, tradução nossa).

O fenômeno e as propriedades radioativas dos nuclídeos são determinadas apenas por considerações nucleares e são independentes dos estados físico e químico do radionuclídeo. Portanto as propriedades dos átomos radioativos (ou radionuclídeos) não podem ser alteradas por qualquer meio e são exclusivas dos respectivos radionuclídeos. Ressaltam ainda que o modo exato de transformação radioativa depende da energia disponível para a transição que, por sua vez, depende de dois fatores: (1) Do tipo particular de instabilidade nuclear, isto é, se a razão entre os nucleons (N/P) – relação entre a quantidade de nêutrons (N) e prótons no núcleo atômico – é muito alta ou muito baixa para o nuclídeo sob consideração. (2) Da relação massa-energia entre o núcleo pai, núcleo filho e partícula emitida (CEMBER e JOHNSON, 2009).

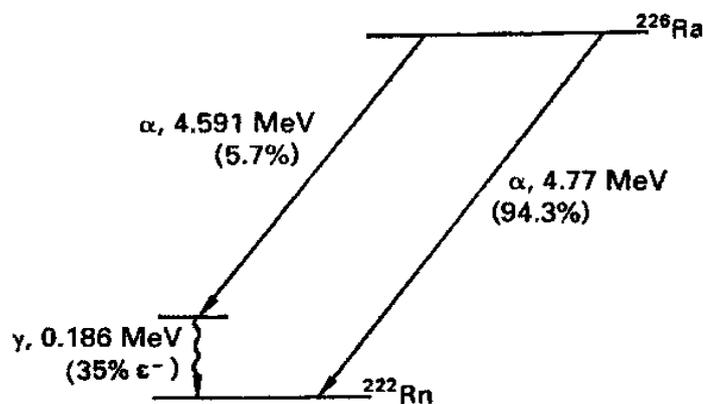
Ainda de acordo com Cember e Johnson (2009, tradução nossa) todas as transformações radioativas se enquadram em uma das seguintes categorias: (i) EMISSÃO ALFA; (ii) TRANSIÇÕES ISOBÁRICAS, com alterações nos números atômicos do núcleo pai e do núcleo filho e sem alterações nos respectivos números de massa (emissão beta, emissão de pósitrons, captura de elétrons orbitais). (iii) TRANSIÇÕES ISOMÉRICAS nas quais o número atômico e o número da massa do núcleo pai e do núcleo filho não são alterados (emissão de raios gama e conversão interna).

Baseando-se neste mesmo referencial (com tradução nossa) estão descritos, nos parágrafos seguintes, os principais mecanismos de transformação radioativa destacados por Cember e Johnson (2009) ao conceituar radioatividade:

- EMISSÃO ALFA (${}_{+2}^4\alpha$): A partícula alfa é um núcleo de hélio altamente energético emitido por um núcleo instável quando a proporção nêutron-próton (N/P) é muito baixa. Portanto, é uma partícula massiva e com carga positiva que consiste num conjunto de dois prótons e dois nêutrons. Uma vez que os números atômicos e os números de massa são conservados neste tipo de transformação radioativa segue-se que na emissão de uma partícula alfa o número atômico do nuclídeo formado é reduzido em duas unidades enquanto que o respectivo número de massa é reduzido em quatro unidades. Na maioria das vezes a liberação de partículas alfa ocorre com maior energia, porém em

alguns casos, essas partículas são emitidas com energia menor deixando o núclídeo filho num estado excitado. Esse núcleo, geralmente, emite a energia de excitação na forma de radiação gama. Deve-se ressaltar que o raio gama é emitido imediatamente (intervalos de tempo $< 10^{-12}$ segundos) após a emissão da partícula alfa dando a falsa impressão de ter sido emitido pelo núcleo pai radioativo. Na Figura 2, tem-se uma representação esquemática do decaimento radioativo do ^{226}Ra (núclídeo pai) com emissão de uma partícula alfa formando o ^{222}Rn (núclídeo filho):

Figura 2: Emissão de partícula alfa do núcleo pelo ^{226}Ra .

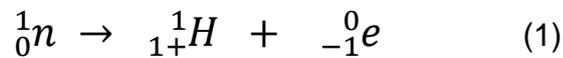


Fonte: Cember e Johnson (2009).

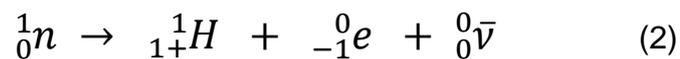
Observa-se nesta representação que a probabilidade maior (94,3%) é formar o ^{222}Rn emitindo uma partícula alfa com energia de 4,77 MeV. No entanto existe uma probabilidade menor (5,7%) do ^{226}Ra emitir uma partícula alfa com 4,591 MeV de energia formando, assim, o ^{222}Rn no estado de maior energia que subsequentemente decai para o estado fundamental emitindo um fóton gama com energia de 0,186 MeV. As partículas alfas são extremamente limitadas em sua capacidade de penetrar na matéria. A camada morta externa da pele é capaz de absorver essas partículas. Como consequência, a radiação alfa de fontes externas ao corpo não constitui um perigo de radiação. Mas, no caso das partículas alfa emitidas por radionuclídeos que são depositados internamente no corpo humano o efeito de proteção da camada externa morta da pele está ausente e a energia da radiação alfa é dissipada no tecido vivo.

Este é um dos motivos da preocupação quando a radiação alfa é irradiada no interior do corpo por radioisótopos depositados internamente.

- EMISSÃO DE PARTÍCULA BETA (${}_{-1}^0\beta$): A partícula beta (partícula beta) (também denominada de nêutron) é uma partícula indistinguível do elétron convencional, ejetada por um núcleo atômico instável (ou radioativo) cuja relação nêutron-próton (N/P) é muito alta. Portanto tem carga elétrica unitária negativa ($-1,6 \times 10^{-19}$ C) e massa muito pequena (0,00055 u). Considerações teóricas refutam a existência de um elétron intranuclear. Assim a partícula beta é formada no instante de emissão pela transformação de um nêutron em um próton e um elétron de acordo com a Equação (1):

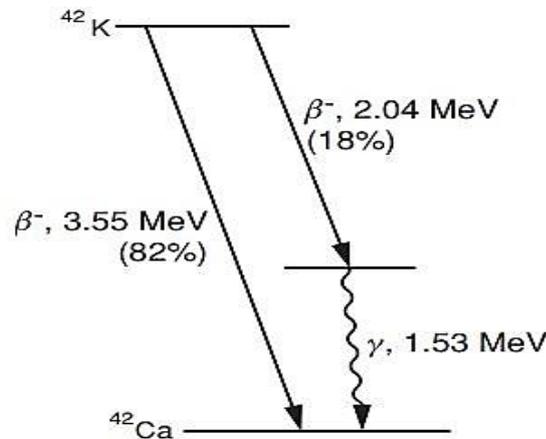


Na emissão de partículas beta, também ocorre a emissão de outra partícula denominada de antineutrino ($\bar{\nu}$), cuja energia desta partícula é igual a diferença de energia cinética da partícula beta que a acompanha e a energia máxima de distribuição espectral. O neutrino e antineutrino não possuem carga elétrica e tem uma massa desprezível de forma que a Equação (1) é corretamente representada por:



Portanto na transformação com emissão beta o número de massa do nuclídeo pai permanece constante enquanto o número atômico aumenta em uma unidade, gerando um átomo de um novo elemento a partir desta transformação. Quanto maior a relação nêutron-próton, maior será a tendência de emissão de partículas beta. De mesma forma que na emissão das partículas alfas o núcleo filho pode ser formado no estado excitado e assim emite o excesso de energia na forma de um raio gama. A Figura 3 mostra a representação esquemática do decaimento do potássio-42 (${}^{42}\text{K}$) formando o cálcio-42 (${}^{42}\text{Ca}$) por emissão de partícula beta:

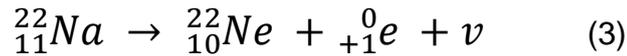
Figura 3: Emissão de partícula beta do núcleo do ^{42}K .



Fonte: Cember e Johnson (2009).

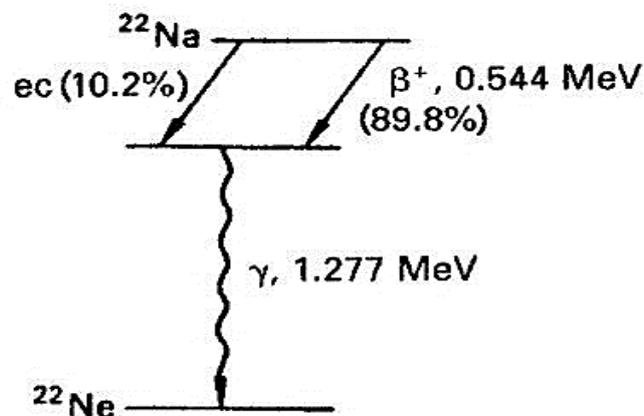
Observa-se que a probabilidade maior (82%) é da emissão da partícula beta com energia máxima (3,55 MeV) enquanto que apenas 18% das transformações podem ocorrer por meio da emissão de uma partícula beta com a energia igual a 2,04 MeV, deixando o nuclídeo filho (^{42}Ca) num estado excitado, cuja transição isomérica ocorre com emissão de um fóton gama com energia igual a 1,53 MeV. A radiação beta, possui uma capacidade maior de penetração no tecido se comparada com a partícula alfa. No entanto, depende do radioisótopo emissor e deve ser avaliado para cada caso. Geralmente as partículas beta com energias inferiores a 200 KeV têm penetrabilidade limitada e não apresentam riscos às pessoas. Mas as partículas betas também podem originar raios x de *bremstrahlung*, altamente penetrantes, quando atingem um material absorvente de número atômico elevado.

- EMISSÃO DE PÓSITRON ($_{1+}^0\beta$): A transformação radioativa com emissão de pósitron ocorre nos nuclídeos instáveis que apresentam relação nêutron-próton (N/P) muito baixa e quando a emissão de partículas alfa não é energeticamente possível. O pósitron é a antipartícula do elétron, portanto tem o mesmo valor de massa (0,000548 u) e carga do elétron com polaridade oposta ($+1,6 \times 10^{-19}$ C). A emissão do pósitron ocorre quando um próton, num núcleo instável com excesso de prótons, transforma-se em um nêutron liberando um pósitron e um neutrino, de acordo com a Equação 3 para o Na-22:



Portanto, neste modo de decaimento, o número atômico do núcleo filho é reduzido em uma unidade, não ocorrendo alteração no número de nucleons, conservando-se, assim, o número de massa. Da mesma forma este processo pode formar um núcleo no estado excitado que sofre transição isomérica emitindo radiação gama. O pósitron tem existência transitória quando emitido combina-se com um elétron ocorrendo a aniquilação destas partículas, dando origem a dois raios gama. A radiação gama proveniente desse processo de aniquilação implica que todos os nuclídeos emissores de pósitrons possuam riscos à saúde humana. Um exemplo de transformação radioativa do nuclídeo sódio-22 formando neônio-22 por dois mecanismos: captura de elétrons (ec) e emissão de pósitrons, está representado esquematicamente na Figura 4:

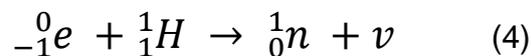
Figura 4: Emissão de pósitron do núcleo do ${}^{22}\text{Na}$.



Fonte: Cember e Johnson (2009).

Verifica-se-se que a probabilidade maior de decaimento é por emissão de pósitron (89,8%), com energia menor e igual a (0,544 MeV). Assim, o núcleo filho (${}^{22}\text{Ne}$) é formado num estado excitado e emite um raio gama de 1,277 MeV. Porém, existe uma probabilidade menor (10,2%) do processo radioativo ser por captura de elétron orbital. Nesse processo o núcleo pai (${}^{22}\text{Na}$) captura um elétron que se une com um próton formando um nêutron no núcleo. Neste caso o nuclídeo filho foi formado num estado excitado emitindo um raio gama com energia de 1,277 MeV.

- CAPTURA DE ELETRON ORBITAL ou CAPTURA ELETRÔNICA (EC do inglês *electron capture*) é uma transformação nuclear de núclídeos cuja razão nêutron-próton (N/P) é baixa. Neste caso, um átomo deficiente de nêutrons atinge a sua estabilidade pelo mecanismo de emissão de pósitrons, discutido anteriormente, ou pelo processo de captura de elétron orbital. Nessa transformação radioativa um elétron ligado é capturado pelo núcleo combinando-se com um próton formando um nêutron como representado na Equação (4):



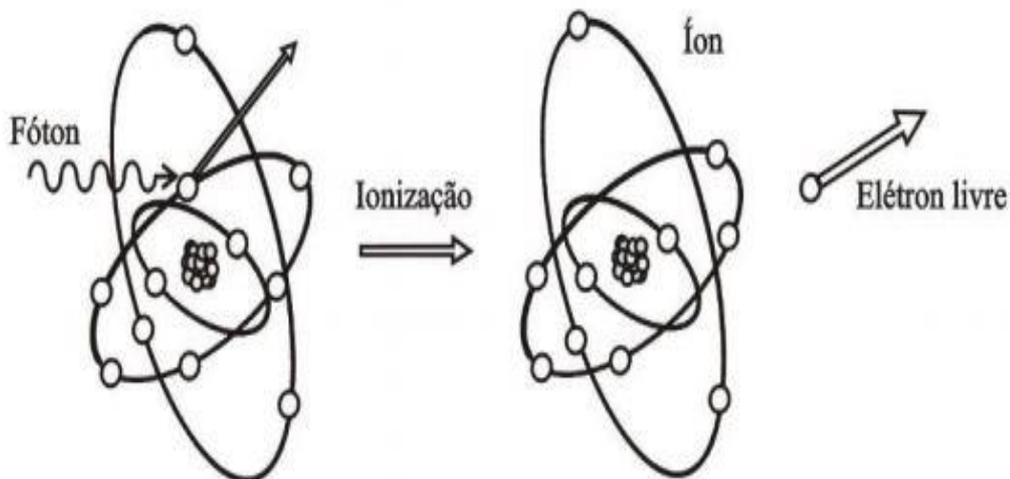
Durante esse processo, os elétrons mais facilmente capturados são os elétrons dos níveis mais internos (K e L) e nestes casos o processo é denominado, respectivamente, por captura K e captura L. Da mesma forma que na emissão de pósitrons, o número atômico do núcleo filho diminui de uma unidade enquanto que o número de massa permanece inalterado. Verifica-se através da Equação (4) que neste modo de decaimento um neutrino deve ser emitido para conservação da energia. No entanto, na captura eletrônica o neutrino emitido é necessariamente monoenergético. Quando ocorre a captura de um elétron orbital por um núclídeo com excesso de prótons um fóton de raios x característico também é emitido pelo núcleo filho. Isso ocorre quando um elétron de uma órbita externa ocupa a vacância deixada no nível de energia do elétron capturado emitindo fótons de raios x. Esses raios x característicos com baixas energias devem ser levados em consideração pelos físicos médicos quando forem calcular as doses de radiação absorvida de isótopos depositados internamente que decaem por este processo.

- EMISSÃO DE RAIOS GAMA (${}^0_0\gamma$): Raios gama são radiações eletromagnéticas monocromáticas emitidas a partir de núcleos de átomos excitados nas transformações radioativas. Através deste mecanismo os núcleos excitados liberam a energia de excitação sem afetar o número atômico e o número da massa atômica do átomo. No ponto de vista da proteção radiológica, o físico médico deve se preocupar com todas as radiações que são oriundas das substâncias radioativas. Como os raios x característicos são indistinguíveis dos

raios gama, devem ser levados em consideração na proteção radiológica, principalmente no caso dos radionuclídeos depositados internamente. Os fótons gama liberados no processo de aniquilação quando um nêutron e um pósitron se ligam é bastante importante na Medicina Nuclear sendo um preceito da proteção radiológica para fins médicos “associar automaticamente a emissão de pósitrons à radiação gama em todos os problemas que envolvem, dosimetria, blindagem e avaliação dos riscos de radiações”.

Um outro aspecto importante é a capacidade de ionização da radiação nuclear (partículas ou fótons) quando interage com um dado material. Segundo Tauhata, et al. (2003, p.77) a ionização é um processo que resulta na remoção de elétrons orbitais pela interação das radiações com os átomos dos materiais, resultando em elétrons livres de alta energia, íons positivos ou radicais livres quando ocorrem quebra de ligações químicas. Este processo está representado esquematicamente na Figura 5:

Figura 5: Representação do processo de ionização.



Fonte: (TAUHATA, et al., 2003).

As radiações com carga e massa elevadas tem maior capacidade de ionização, como no caso da partícula alfa, que perde rapidamente sua energia ao interagir com um dado material. Justamente por esse motivo, a partícula alfa não possui um poder de penetração elevado. Já as partículas betas (elétron e pósitron) que possuem massa e carga menores, têm poder de penetração maior e são menos ionizantes. Nesta mesma perspectiva as partículas que não possuem carga (nêutron)

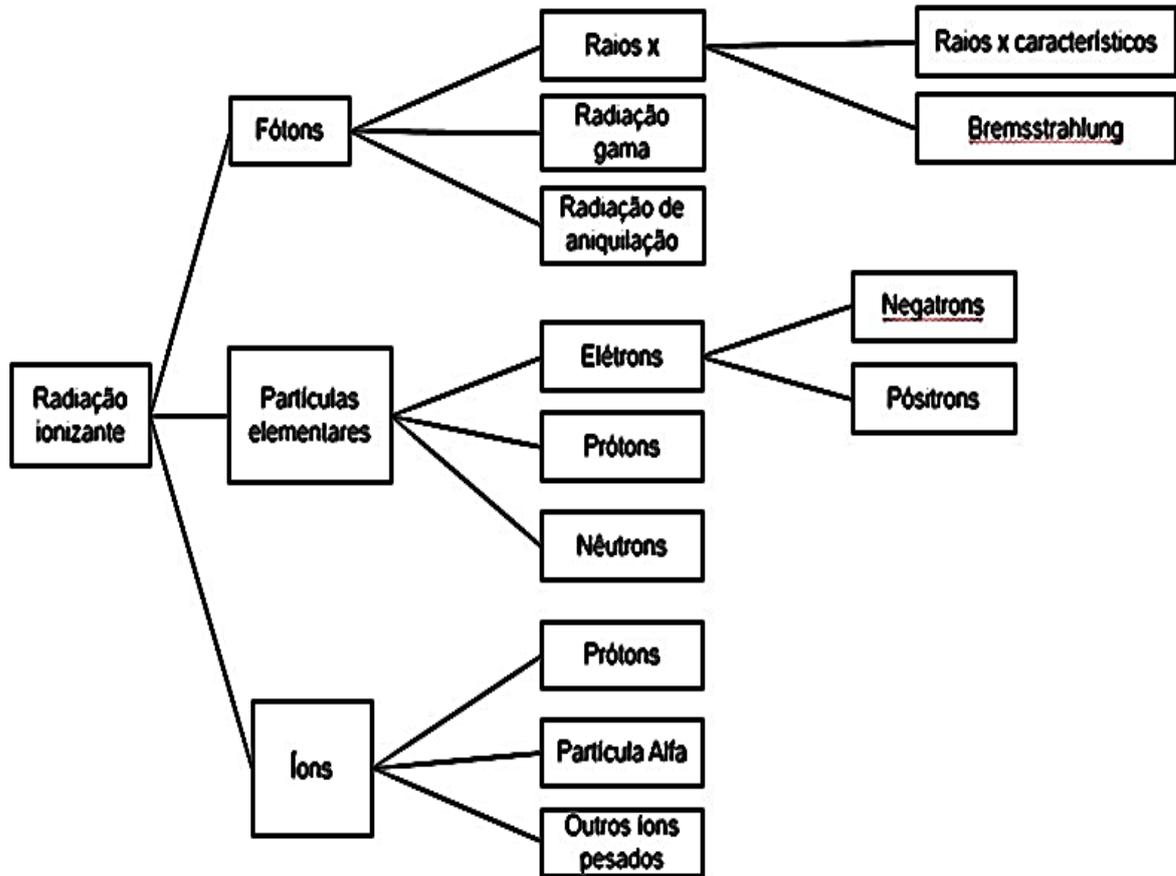
e os fótons (raios x e gama e de raios x) têm capacidade de penetração bastante elevada devido ao poder de ionização baixo ao longo do caminho num meio material.

Conforme Sabol e Weng (1995, tradução nossa) a radiação – energia em trânsito na forma de ondas eletromagnéticas ou de partículas (carregadas ou não) – são tipos de emanções invisíveis, as quais foram chamadas de radiação porque acreditava-se que cada uma era algum tipo de raio ou energia podem ser ionizantes e não ionizantes. A ionização é o processo de se adicionar ou remover um elétron de um átomo (ou molécula) formando um íon. Para que ocorra a ionização pela remoção de um elétron atômico a radiação necessita ser energética o suficiente para arrancar o elétron do campo nuclear atrativo, ou seja, deve possuir energia que seja no mínimo igual ao potencial de ionização do átomo. Ressalta-se que determinada radiação pode ser ionizante num determinado meio material, mas não ionizante em outro. Em dosimetria e proteção contra as radiações, os meios levados em consideração são especialmente o ar, a água e o tecido biológico ou seus substitutos dos chamados tecidos materiais equivalentes.

Por sua vez, a radiação ionizante pode ser direta ou indiretamente ionizante. São diretamente ionizantes as partículas carregadas – nêutrons (elétrons negativos, incluindo a radiação beta), pósitrons, prótons e outros íons pesados – que ionizam prontamente os átomos após a interação primária com o material. Já a radiação indiretamente ionizante – partículas sem carga: nêutrons e fótons – ionizam os átomos do material a partir das partículas secundárias criadas na interação primária, tais como: elétrons, núcleos de recuo e outras partículas carregadas. (SABOL e WENG, 1995, p.11, tradução nossa).

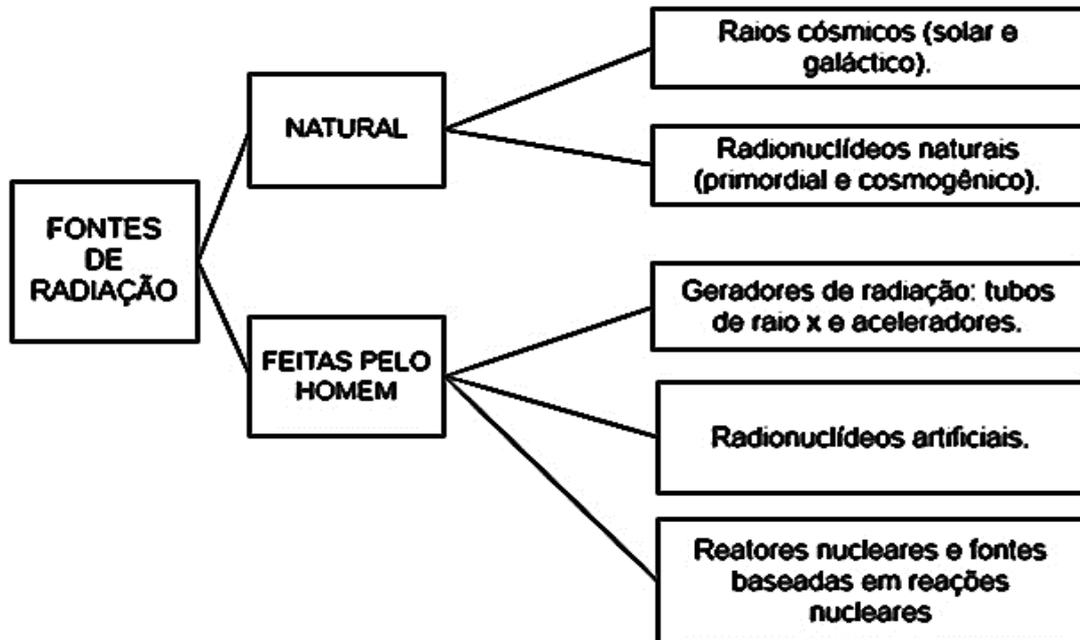
Na Figura 6, a seguir, estão apresentados dois diagramas que descrevem: (i) Na Figura 6(a) os tipos de radiações ionizantes distribuídos nas três categorias discutidas anteriormente (fótons, partículas elementares e íons). (ii) Na Figura 6(b) os diferentes tipos de radiação de origem natural (existentes na natureza) e artificial (feitas pelo homem):

Figura 6(a): Tipos mais importantes de radiações ionizantes.



Fonte: Sabol e Weng (1995, tradução nossa).

Figura 6(b): Fontes de Radiação naturais e artificiais.



Fonte: Sabol e Weng (1995, tradução nossa).

Portanto, as fontes naturais de radiação incluem os raios cósmicos e todos os radionuclídeos naturais (radionuclídeos ou produtos de sua desintegração que estão presentes desde a formação do planeta há cerca de $4,5 \times 10^9$ anos). A radiação cósmica pertence a uma categoria especial de radiação, de origem solar ou galáctica, consistindo principalmente em elétrons de alta energia, prótons, um pouco de hélio e núcleos mais pesados. Quando essas partículas entram na atmosfera terrestre, principalmente os prótons, acabam interagindo com os núcleos presentes (nitrogênio, oxigênio, argônio) resultando na formação de nêutrons, múons, píons e káons. (SABOL e WENG, 1995, p.13, tradução nossa).

Já as fontes de radiação artificiais compreendem: (i) Os dispositivos desenvolvidos e que geram radiação, tais como: os tubos de raios x e vários tipos de aceleradores de partículas. (ii) Radionuclídeos produzidos de forma artificial, tais como os produtos de fissão (^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs) ou produtos de ativação (^{16}N , ^{56}Mn , ^{60}Co). (iii) Reatores nucleares de fissão controlada (e de fusão no futuro), armas nucleares (baseadas em fissão e fusão), e algumas reações nucleares como por exemplo a produção de nêutrons pela reação deutério (^2H) com o trítio (^3H) (SABOL e WENG, 1995, tradução nossa).

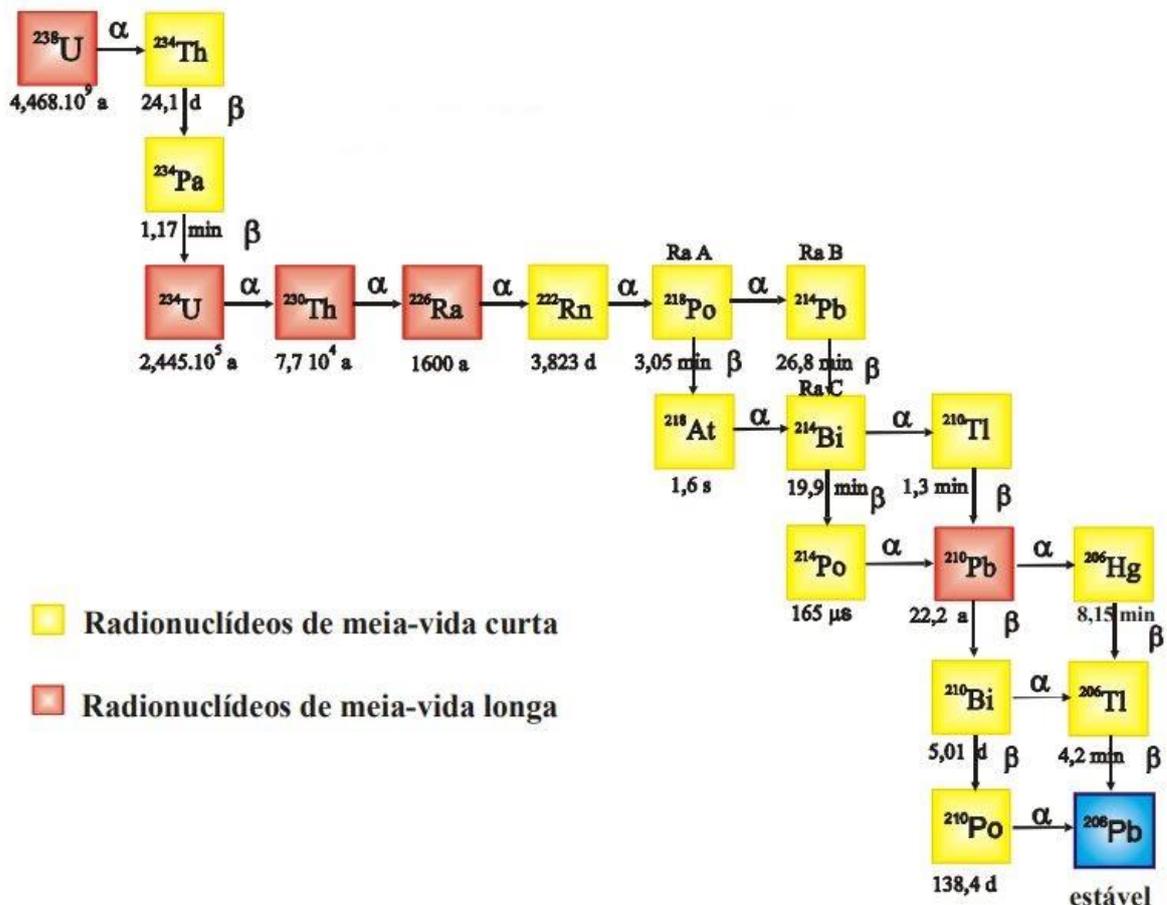
Em alguns casos algumas atividades humanas podem levar a uma redistribuição da concentração natural dos radionuclídeos, fazendo com que ocorra um aumento de exposição ambiental natural, processo nomeado por “radiação natural tecnologicamente aumentada”. As operações de mineração e a moagem contribuem bastante para o aumento da contaminação radioativa ambiental a partir da presença de rádio e tório nos minérios extraídos e resultando no aumento da concentração desses radionuclídeos, bem como dos seus produtos de decomposição em locais próximos às operações de mineração e moagem. (SABOL e WENG, 1995, p.14, tradução nossa).

Os modos de decaimento radioativo são específicos de cada núcleo. Um parâmetro importante e característico de cada nuclídeo é o tempo de meia vida, que define o intervalo de tempo necessário para que a metade dos átomos radioativos presentes numa determinada amostra de um radionuclídeo decaiam e assim, com sua atividade radioativa sendo reduzida à metade. O tempo de meia vida dos radionuclídeos variam numa faixa ampla de valores podendo ser muito pequeno (por exemplo, os tempos de meia vida dos nuclídeos ^{20}Fe e ^{28}Al são iguais a 11 segundos

e 2,24 minutos respectivamente; grandes como no caso do ^{90}Sr (28,5 anos), ^{60}Co (5,6 anos) e ^{137}Cs (30 anos); e muito grandes como os do ^{232}Th ($1,405 \times 10^{10}$ anos) e ^{238}U ($4,46 \times 10^9$ anos) (TAUHATA, et al., 2003).

Alguns dos isótopos naturais primordiais, ou seja, aqueles com tempos de meia vida da ordem de bilhões de anos, integram as series de decaimento naturais. Uma série radioativa natural é constituída por uma sequência de decaimentos sucessivos até se formar um nuclídeo estável, como no caso da série radioativa do Urânio-238 (^{238}U) cujo nuclídeo primordial tem tempo de meia vida de $4,46 \times 10^9$ anos. Observa-se nesta série uma sequência de decaimentos sucessivos por emissão alfa ou beta, até formar o nuclídeo estável do elemento chumbo (^{206}Pb). Os radionuclídeos desta série, como pode ser observado na representação esquemática da Figura 7 apresentam tempos de meia vida numa faixa ampla de valores. Na maioria dessas emissões o nuclídeo filho é formado num estado excitado e decai por emissão gama:

Figura 7: Série Radioativa do ^{238}U .



Fonte: (TAUHATA, et al., 2003).

As fontes de radiação artificiais são utilizadas na Medicina Nuclear, em radiodiagnósticos e radioterapias. Também vem sendo utilizados na indústria e comércio em aparelhos de controle e medidores de radiografia. Destacam-se ainda os geradores de radiação ionizante tais como os tubos de raios x, os aceleradores de partículas, os irradiadores com radioisótopos e as fontes de nêutrons. Os irradiadores utilizam radioisótopos como fonte de radiação e as fontes de nêutrons utilizam reações nucleares produzidas pela emissão de partículas alfa de um material radioativo em um determinado alvo (TAUHATA, et al., 2003, p.48).

Com certeza um dos mais importantes usos da radiação ionizante na Medicina Nuclear é no tratamento de câncer por meio de radioterapias. Esse tratamento tem como princípio irradiar as células anormais causando a sua destruição. Esse procedimento é fundamentado no poder destrutivo das radiações ionizantes sobre as células vivas, com ação predominante naquelas que possuem intensa atividade biológica, como no caso das células cancerosas. A indicação desse tratamento leva em consideração a sensibilidade tumoral, a viabilidade do local a ser irradiado e a possibilidade de preservação dos tecidos normais que estão próximos (EICHLER; CALVETE e SALGADO, 1997).

Eichler; Calvete e Salgado (1997) destacam ainda a irradiação da glândula tireoide que possui grande afinidade com o iodo sendo facilmente absorvido nesta glândula. O radioisótopo ^{131}I – na forma de iodeto de sódio (NaI-131) – vem sendo utilizado para o mapeamento da tireoide nos seres humanos em doses baixas (da ordem de 80 mSv). A partir da ingestão do iodeto de sódio é possível utilizar aparelhos especiais e avaliar se existe algum princípio de hipertireoidismo ou de outro processo inflamatório de origem cancerosa. Sendo confirmando as alterações o tratamento pode ser feito através da ingestão de iodeto de sódio que corresponda a uma faixa de dose de irradiação da ordem de 7 a 70 Sv, que dependerá do grau de estágio do tumor canceroso.

Existem uma variedade de radionuclídeos usados não só na Medicina Nuclear, mas em outros contextos e que tem proporcionado muitos benefícios para a vida na sociedade. Eichler; Calvete e Salgado (1997) relacionam alguns destes radionuclídeos que estão apresentados no Quadro 4, com suas potenciais aplicações demonstrando a diversidade de processos e aplicações que podem ser explorados no contexto educacional das Ciências Exatas:

Quadro 4 - Radioisótopos utilizados na indústria e na pesquisa.

RADIOISÓTOPO	USOS
Antimônio (^{124}Sb)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Como traçador na indústria petroquímica.
Carbono (^{14}C)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estudo da decomposição dos organismos.
Césio (^{137}Cs)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No controle das emendas dos oleodutos. ▪ Radiografia de componentes de máquinas. ▪ Pesquisa da conservação de alimentos.
Cobalto (^{60}Co)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Combate aos insetos. ▪ Destruição de parasitas. ▪ Esterilização de instrumentos cirúrgicos. ▪ Inibição da germinação de vegetais. ▪ Pasteurização de alimentos. ▪ Hibridização de sementes.
Enxofre (^{35}S)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medida da espessura de folhas metálicas. ▪ Estudo da corrosão de geradores termoelétricos a gás.
Estrôncio (^{90}Sr)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No exame dos hábitos migratórios dos insetos.
Ferro (^{59}Fe)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Na determinação do desgaste de molas. ▪ Em pesquisas com a hemoglobina do sangue. ▪ No estudo do crescimento das plantas.
Fósforo (^{32}P)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No teste de resistência de borrachas. ▪ Na pesquisa médica e biológica. ▪ Estudo dos fertilizantes agrícolas.
Hidrogênio (^3H)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Em sinais luminosos de estradas.
Potássio (^{40}K)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesquisa biológica e médica.
Sódio (^{24}Na)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Em investigações bioquímicas e pesquisas fisiológicas.
Tálio (^{80}Tl)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Controle de emendas de oleodutos.

Fonte: Eichler; Calvete e Salgado (1997).

A partir da análise do conteúdo histórico e apresentações de alguns conceitos importantes para a discussão, é possível compreender a importância dessas descobertas para o desenvolvimento científico da Ciência Nuclear e suas tecnologias trazendo benefícios para a humanidade, como por exemplo, o processo de irradiação nos alimentos proporcionando maior durabilidade em nossas mesas, os tratamentos e diagnósticos rápidos e precisos de enfermidades na Medicina Nuclear, a geração de energia elétrica dentre outros benéficos, mas sem abrir mão da proteção

radiológica como garantia do bem-estar social e dos trabalhadores. Neste sentido é princípio básico da radioproteção ALARA (do inglês “*As Low As Reasonably Achievable*”) um acrônimo para a expressão “tão baixo quanto razoavelmente exequível”. Este é um princípio de segurança de radiação, com o objetivo de minimizar as doses a pacientes e trabalhadores, empregando para tal todos os métodos razoáveis existentes.

A radioatividade é um conteúdo bastante importante no processo de ensino e aprendizagem, ao ser analisado pelos estudantes permite que seja compreendida quais os fatores positivos e negativos de sua utilização. Como já destacado anteriormente é bastante conhecida muito por conta dos aspectos negativos (desastres nucleares e bombas atômicas), fazendo com que a sua utilização seja bastante questionada, sendo realizadas poucas discussões sobre os benefícios proporcionados por ela, os quais valem ressalva a utilização na medicina, em indústrias alimentícias, e geração de uma energia.

Conforme destacado por Gonçalves e Almeida (2005) uma das principais formas de utilização dos processos nucleares é na geração de energia elétrica nas usinas nucleares, sem a emissão de gases nocivos ao meio ambiente. As tecnologias existentes utilizam o processo de fissão nuclear, no qual ocorre a divisão de um núcleo pesado em dois novos núclídeos, com massas menores, sendo emitida uma grande quantidade de energia. O processo de fissão raramente ocorre de forma espontânea na natureza, sendo normalmente induzido pelo bombardeamento dos núcleos pesados com nêutrons, que ao serem absorvidos, torna esses núcleos instáveis e fissionáveis.

Nas usinas nucleares o combustível nuclear é urânio-235 (^{235}U) enriquecido que ao absorver um nêutron, se fissiona em dois novos núclídeos de elementos de número atômico menor emitindo também dois ou três nêutrons. Esses nêutrons emitidos ao entrarem em contato com outros núcleos de ^{235}U irão resultar em novas fissões numa reação em cadeia. Esse é o processo utilizado nas usinas é semelhante ao ocorrido nas bombas atômicas, porém no caso do reator nas usinas nucleares o processo é controlado (ou moderado) bombardeando um número pequeno de nêutrons em um intervalo longo de tempo (GONÇALVES e ALMEIDA, 2005).

Gonçalves e Almeida (2005) comentam que, o processo envolvido na geração de energia nessas usinas utiliza a energia liberada durante o processo de fissão nuclear para movimentar vapor de água, que por sua vez movimenta as turbinas

produzindo eletricidade. Para que o urânio seja utilizado nesse mecanismo, necessita ocorrer o enriquecimento em aproximadamente 3,5%, pois a abundância natural do isótopo ^{235}U é apenas 0,7% na natureza. Mas para a confecção de bombas nucleares necessita-se de um enriquecimento muito maior, superior a 90%.

Gonçalves e Almeida (2005) ressaltam ainda que dentre as formas de geração de energia, a nuclear é uma das que produz quantidade menor de rejeitos e tem maior cuidado como armazenamento e depósitos deles. A dificuldade do tratamento se dá por causa do tempo necessário que estes rejeitos fiquem isolados e protegidos, chegando a durar milhares de anos.

Tendo vista, a maior divulgação dos benefícios e aplicações da radioatividade, a sociedade pode tomar conhecimento e compreender o papel importante que ela desempenha. Na educação, esse tema vem sendo pouco discutido nas práticas docentes, muito pelo fato de que nos livros didáticos existe pouca discussão quase sempre focadas nos grandes desastres nucleares, dentre eles o de Chernobyl e o de Goiânia, deixando de destacar as aplicações com relevantes para a sociedade. Discutir os riscos e benefícios da Ciência Nuclear e suas tecnologias nestes contextos é bastante importante para uma formação cidadã (CORTEZ, 2014).

Nesta perspectiva é importante trazer para a discussão, tanto no Ensino Básico como no Ensino Superior, especificamente na formação docente inicial, todos estes contextos envolvendo a Ciência Nuclear e suas tecnologias, permitindo aos estudantes desenvolver conhecimento que lhes permitam avaliar os benefícios e malefícios que lhe são inerentes. Proporcionando estimular a criticidade acerca dos assuntos a serem analisados e do pensamento científico dos educandos, tendo em vista a constante mudança do ambiente em que vivem e todos os avanços tecnológicos proporcionados pelas TIC permitindo a abertura de possibilidades educativas a serem desenvolvidas.

4 METODOLOGIA

4.1 Classificação da pesquisa

O presente estudo trata-se de uma pesquisa explicativa e documental com abordagem qualitativa desenvolvida com o intuito de analisar o uso da rede social *Facebook* como recurso didático no ensino e aprendizagem da radioatividade.

De acordo com Gil (2008) uma pesquisa explicativa possui como preocupação principal identificar os fatores que determinam ou que irão contribuir para a ocorrência dos fenômenos. Conforme Medeiros (2017) a pesquisa documental se atém a materiais impressos ou digitais, que ainda não foram publicados ou são documentos não oficiais como reportagens de jornais, relatórios de empresas, fotografias, filmes. Nesta pesquisa foram analisados e discutidos os registros institucionais referentes ao componente curricular eletivo objeto de investigação além dos dados digitais disponíveis na rede social *Facebook* oriundos de dois contextos formativos e que estão detalhados no item 4.3 da metodologia.

Quanto a sua abordagem, é de caráter qualitativo, pois busca responder questões muito particulares, trabalhando com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes. Esses fenômenos fazem parte da realidade da sociedade, pois os seres humanos não se distinguem só pelo agir, mas por pensar e interpretar suas ações dentro da realidade vivida pelo grupo no qual faz parte, e que dificilmente esses fenômenos podem ser traduzidos em dados numéricos (MINAYO, 2009, p.21).

4.2 Delimitação da população e da amostra

O universo estudado é constituído pela comunidade acadêmica de um curso de formação docente em Química de uma Universidade Pública do Agreste de Pernambuco.

A amostra foi constituída por um total de 10 (dez) estudantes selecionados entre os 14 (catorze) estudantes que estavam regulamente matriculados no componente curricular eletivo “Introdução à Química Nuclear”, ofertado no segundo semestre do ano letivo de 2015 por um docente especialista na área de Tecnologias Energéticas e Nucleares. Esta amostra, representativa de 71,4% do total dos

estudantes matriculados, foi selecionada de acordo com os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

- CRITÉRIOS DE INCLUSÃO: (i) Estar regularmente matriculado no componente curricular. (ii) Ter participado das discussões na rede social *Facebook*. (iii) Não ter sido reprovado por falta no referido componente curricular.
- CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO: (i) Não ter participado das discussões na rede social *Facebook*. (ii) Ter sido reprovado por falta.

4.3 Instrumentos de coleta de dados

Nesta pesquisa documental foram analisados e discutidos registros documentais referentes à avaliação acadêmica institucional dos estudantes regularmente matriculados no componente curricular “Introdução à Química Nuclear” e que integraram a amostra pesquisada. O acesso do pesquisador aos dados institucionais destes estudantes foi permitido pelo docente responsável pelo processo de ensino e aprendizagem do referido componente curricular no semestre 2015-2 sendo garantido o sigilo da identidade institucional, do docente e dos discentes.

Também foram analisados e discutidos os dados digitais disponíveis na rede social *Facebook* oriundos dos seguintes contextos formativos:

- (i) Registros no grupo de discussão fechado nesta rede social, resultado das interações dialógicas entre os discentes e o docente ao longo do processo formativo do componente curricular eletivo objeto de investigação neste estudo.
- (ii) Registros disponíveis na página do “Jornal da Química Inorgânica” (JQI) na rede social *Facebook*, aberta ao público, resultado das interações dialógicas entre os seguidores dessa Página e alguns dos discentes participantes do estudo. Estes discentes além de terem cursado o referido componente curricular, em 2015-2, também integraram a Equipe Editorial do JQI nos anos de 2015 a 2016. Assim, planejaram e executaram uma atividade de extensão durante a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT), em 2016 objetivando debater com o público seguidor da página do JQI os riscos e benefícios da Ciência Nuclear e suas tecnologias. O acesso do pesquisador aos dados digitais no *Facebook* foi

permitido pelo docente responsável pelo processo de ensino e aprendizagem do referido componente curricular no semestre 2015-2 e Coordenador do Projeto de Extensão JQI, sendo garantido o sigilo da identidade institucional, do docente e dos discentes.

4.4 Análise dos dados

Diante da grande quantidade de dados digitais que estavam disponíveis ao pesquisador, tanto no grupo de discussão do componente curricular objeto de investigação neste estudo como na página do JQI, ambos na rede social *Facebook*, foi necessário realizar uma pré-análise, levando-se em consideração a grande quantidade de dados brutos que foram visualizados nestes dois contextos digitais.

Assim, este conjunto de dados digitais foram rigorosamente verificados com posterior separação e classificação daqueles registros digitais que foram considerados significativos para responder à questão problema posta neste estudo na perspectiva teórica e histórica da radioatividade e motivacional dos estudantes como participantes ativos do processo de ensino e aprendizagem sobre este fenômeno além da contribuição do uso da rede social *Facebook* como recurso digital para auxiliar de forma prática o processo de ensino e aprendizagem contribuindo para a eficácia do processo formativo. Dessa forma, após a pré-análise e seleção dos registros digitais considerados significativos, foi possível estabelecer relações e obter conclusões na perspectiva de investigação proposta considerando os seguintes aspectos de abordagem metodológica descritos nos parágrafos seguintes:

PRIMEIRA ETAPA: seleção de uma postagem no grupo de discussão do referido componente curricular na rede social *Facebook* – realizada pelo docente e com comentários adicionais dos discentes – considerando a sua relevância na análise sobre o nível de compreensão dos discentes, neste momento do processo de ensino e aprendizagem, sobre o fenômeno da radioatividade. Para embasar esta análise e discussão utilizou-se como referência o modelo conceitual de radioatividade, proposto no referencial bibliográfico “*Introduction to Health Physics*” (CEMBER; JOHNSON, 2009) que, além de ser um referencial importante na área da Física Médica, apresenta o conceito de radioatividade, de forma clara e objetiva, acrescentando aspectos importantes para a compreensão mais ampla deste fenômeno que, na maioria das

vezes, não são considerados nos referenciais bibliográficos da Química Geral, tanto do Ensino Médio como do Ensino Superior ao abordarem este fenômeno.

SEGUNDA ETAPA: Seleção no grupo de discussão do referido componente curricular, na rede social *Facebook*, de uma postagem – realizada pelo docente e com comentários adicionais dos discentes – que foi considerada relevante no contexto desta pesquisa considerando que o engajamento da maioria dos discentes e o *feedback* do docente resultou numa discussão ampla cujos registros digitais permitiram verificar e tirar conclusões sobre a influência da interação dialógica virtual e colaborativa para a construção do conhecimento sobre a radioatividade no contexto histórico e científico.

TERCEIRA ETAPA: Seleção de atividades de extensão, propostas e realizadas por alguns dos discentes que cursaram o componente curricular eletivo “Introdução à Química Nuclear” no semestre 2015-2 e que também integravam, no período de 2015 a 2016 a Equipe Editorial do JQI e que, por iniciativa própria e com aprovação do docente resultou em ações de extensão e publicação que permitem analisar e concluir sobre a importância da contribuição motivacional para a autonomia dos estudantes num processo de ensino e aprendizagem formativo. Nessa perspectiva foram selecionados, analisados e discutidos:

- (i) Registros digitais pré-selecionados disponíveis na página do JQI, na rede social *Facebook*, aberta ao público, resultado das interações dialógicas entre estes discentes e o público seguidor da referida página durante um evento de extensão realizado na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT), em 2016. Estes discentes planejaram e realizaram a atividade de extensão objetivando debater com o público os riscos e benefícios da Ciência Nuclear e suas tecnologias.
- (ii) O planejamento e a publicação de uma edição do JQI cujas seções foram estruturadas com as resenhas elaboradas por estes discentes durante as atividades formativas no componente curricular eletivo “Introdução à Química Nuclear” no semestre 2015-2. A proposta e elaboração da referida edição, focada no contexto científico e histórico da radioatividade, foi uma iniciativa própria deste grupo de discentes que, nesta mesma época, também integravam a equipe editorial do Projeto JQI. Assim, a proposta da edição temática “Química Nuclear Através do Tempo” foi apresentada ao docente responsável pelo Projeto JQI que aprovou a ideia

e após realizar os ajustes editoriais necessários fez a publicação desta edição nas redes sociais. Nesta pré-seleção levou-se em consideração o desenvolvimento da autonomia dos discentes em propor atividades de divulgação científica e, portanto, motivados para propor e realizar atividades formativas além da sala de aula.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo a análise do uso da rede social *Facebook* como recurso didático no ensino e aprendizagem da radioatividade foi desenvolvida a partir dos registros avaliativos institucionais do processo de ensino e aprendizagem foco deste estudo além dos registros digitais diálogos disponíveis no grupo de discussão fechado na rede social *Facebook*. O acesso aos dados avaliativos institucionais e aos registros digitais elaborados no grupo de discussão ao pesquisador foi permitido em 2021 pelo docente responsável pelo componente curricular eletivo “Introdução à Química Nuclear” sob a sua regência durante o segundo semestre do ano letivo de 2015.

O acesso aos dados editoriais e digitais elaborados na página do JQI durante a SNCT em 2016 ao pesquisador foi permitido em 2021 pelo mesmo docente Coordenadora do Projeto de Extensão JQI que também gerencia a página do JQI no *Facebook*.

Os registros digitais na rede social *Facebook*: *permearam* as discussões entre: (i) Os discentes e o docente, durante o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem dos estudantes de um curso de formação docente em Química numa Universidade Pública no Agreste de Pernambuco, regularmente matriculados neste componente curricular eletivo. (ii) Os discentes, o docente e o público seguidor da página do JQI na rede social *Facebook* durante a atividade de extensão na SNCT em 2016. Na análise e discussão dos dados institucionais e digitais foi garantido o anonimato do docente, dos discentes e da Instituição de Ensino Superior como preconiza a ética em pesquisa com seres humanos.

Os registros documentais foram analisados buscando-se responder a seguinte questão posta como problemática de investigação: “Como a rede social *Facebook* pode ajudar no entendimento da Radioatividade a partir de um grupo fechado constituído de estudantes universitários do curso de formação docente em Química”?

A partir da sistematização e da análise dos dados documentais e digitais pré-selecionados neste estudo e registrados nos espaços já descritos anteriormente, serão apresentadas nos próximos parágrafos seguintes, de forma estruturada e de acordo com seus objetivos específicos deste estudo, as discussões do pesquisador buscando-se responder à questão problema posta nesta pesquisa.

5.1 Nível de aprofundamento conceitual dos discentes sobre a radioatividade mapeado a partir da interação dialógica na rede social *Facebook*

Nesta etapa do estudo foi examinado o nível de aprofundamento conceitual dos estudantes com relação ao fenômeno da radioatividade tendo como base os registros documentais da discussão dialógica no grupo de discussão na rede social *Facebook*, observando-se: a forma como ocorreu as interações entre os próprios discentes e o docente, as dificuldades apresentadas pelos estudantes para a compreensão efetiva do fenômeno e de que forma esta discussão na rede social *Facebook* pode contribuir para a eficácia do processo de ensino e aprendizagem.

As atividades formativas propostas pelo docente e desenvolvidas na referida rede social estavam disponíveis para todos os discentes regularmente matriculados no componente curricular eletivo “Introdução à Química Nuclear” cuja participação individual dos estudantes nestas discussões foi um dos critérios de avaliação adotado pelo docente responsável pelo processo de ensino e aprendizagem. O resultado avaliativo final registrado institucionalmente indica que 70% dos discentes que integraram a amostra da pesquisa foram aprovados neste componente curricular. Neste grupo de sete (7) estudantes: cinco (5) foram aprovados por média enquanto que dois (2) após realização de exame final. Os demais estudantes foram reprovados por não ter atingindo a pontuação mínima institucional de aprovação.

A proposta didática adotada pelo docente neste contexto formativo teve como eixo norteador os diálogos ocorridos na rede social *Facebook*, onde buscava-se discutir questões importantes objetivando reforçar e ampliar a compreensão sobre os conteúdos já discutidos nos encontros presenciais em sala de aula. Dentre os três estudantes que não conseguiram atingir a nota institucional final para aprovação somente um deles teve participação frequente nestas discussões evidenciando a importância da participação efetiva da maioria dos discentes nestas atividades formativas no grupo de discussão e que contribuiu para a eficácia do processo de ensino e aprendizagem com caráter formativo.

De acordo com o plano de ensino institucional proposto pelo docente para o processo de ensino e aprendizagem do componente curricular eletivo “Introdução à Química Nuclear” no semestre 2015-2, ao final desse processo, com caráter formativo, os estudantes deveriam possuir o conhecimento básico sobre as transformações e radiações nucleares e dos mecanismos de interação destas radiações com a matéria

possibilitando-lhes ter uma visão crítica sobre os riscos e benefícios das radiações nucleares nos contextos sócio-histórico, científico, tecnológico, ambiental e médico. Nesta perspectiva formativa o percurso metodológico traçado pelo docente incluiu: (i) A análise diagnóstica do sendo comum dos discentes sobre os temas abordados. (ii) Aulas expositivas dialogadas. (iii) A leitura crítica e discussões de textos científicos com abordagem científica, social e tecnológica. (iv) Estudo dirigido em Grupo de discussão nas redes sociais para resoluções de situações problemas com feedback formativo. (v) Seminários temáticos sobre a Ciência Nuclear e suas tecnologias.

Assim, nesta perspectiva formativa considera-se que o interesse demonstrado pelos estudantes na realização das atividades dialógicas proposta pelo Docente ao longo desse processo formativo e no planejamento e na execução das atividades de extensão fora dos ambientes formais do processo de ensino e aprendizagem contribuiu para que os objetivos de aprendizagem propostos no planejamento educacional deste componente curricular fossem alcançados.

Durante as discussões realizadas em Rede os estudantes registraram suas interpretações conceituais sobre o fenômeno Radioatividade, atendendo à solicitação demandada pelo Docente responsável pelo processo de ensino e aprendizagem. Estas interpretações estão transcritas no Quadro 5, a seguir, juntamente com modelo conceitual explanado por Cember e Johnson (2009, tradução nossa) que foi selecionado como um referencial avaliativo para análise da compreensão dos estudantes sobre o fenômeno objeto de investigação neste estudo:

Quadro 5 - Conceituação e transcrições das respostas dos estudantes sobre o fenômeno Radioatividade.

REFERENCIAL TEÓRICO: “A radioatividade pode ser definida como transformações nucleares espontâneas em átomos instáveis que resultam na formação de novos elementos. Essas transformações são caracterizadas por um dos vários mecanismos diferentes, incluindo emissão de partículas alfa, emissão de partículas beta e pósitrons e captura de elétrons orbitais. Cada uma dessas reações pode ou não ser acompanhada por radiação gama” (CEMBER e JOHNSON, p. 85, 2009, tradução nossa).

- Discente D1: “Radioatividade é um fenômeno pelo qual um núcleo instável emite (espontaneamente ou não) partículas (alfa - beta) ou radiações eletromagnéticas (raios gama) com a finalidade de adquirir estabilidade”.
- Discente D2: “Radioatividade que é um fenômeno pelos quais os núcleos atômicos sofrem transformações e emitem radiações, podendo nesse processo formar novos elementos químicos”.

- Discente D3: “Radioatividade é um processo no qual o núcleo de um átomo instável perde energia, emitindo radiação. É uma emissão espontânea de partículas alfa e beta, raios gama e elétrons de conversão, para que o átomo adquira estabilidade, ajustando sua estrutura interna (núcleo) ”.
- Discente D4: “A radioatividade constitui um fenômeno ligado ao núcleo do átomo, não tendo a ver com a eletrosfera. O núcleo de um átomo instável sofre alterações ou transformações (reação nuclear) e emite algumas radiações (emitir energia) por exemplo radiação alfa, beta e gama. Podendo ser um processo natural ou induzido”.
- Discente D5: “Radioatividade consiste na propriedade que os núcleos atômicos instáveis possuem de emitir partículas e radiações eletromagnéticas para se transformarem em núcleos mais estáveis, por isso dá-se o nome de reação de decaimento, entre outros nomes. Quando ocorre esse decaimento, os núcleos liberam radiação em forma de partículas alfa (partícula carregada positivamente, é formada por dois prótons e 2 nêutrons expelidos do núcleo, sendo sua carga 2+), beta (formada por um elétron que é "atirado" em altíssima velocidade para fora do núcleo. Na verdade, o elétron não está no núcleo. O elétron é emitido por causa do núcleo instável), e raios gama (essas emissões não são partículas, são ondas eletromagnéticas, assim como a luz ou ondas luminosas, possuindo poder de penetração maior que a alfa e beta). O tempo que os elementos radioativos levam para ficarem estáveis varia muito. O urânio, por exemplo, é o elemento com meia-vida mais longa. Tem cerca de $7,04 \times 10^8$ anos. Considerando que esses tipos de radiações foram vistos primeiramente por Becquerel quando estudava a fluorescência de certos elementos e logo em seguida estudados com mais precisão pelo casal Curie, onde fizeram a descoberta do elemento polônio, que é 400 vezes mais radioativo que o urânio e por decorrência desses estudos descobriram ainda o rádio, que apresenta 900 vezes maior radiação que o mesmo”.
- Discente D6: “Radioatividade é o processo pelo qual um núcleo de um átomo instável perde energia, emitindo partículas alfa, partículas betas, raios gama, que são radiações. Isso geralmente ocorre espontaneamente com átomos de grandes massas, pois estão muito instáveis e acabam se desintegrando. Mas a radiação não precisa ser apenas natural, também existe radioatividade artificial, que constitui em a radioatividade ser induzida por irradiação”.

Fonte: Autoria própria.

Mais da metade dos estudantes tiveram participação nesta discussão conceitual sobre radioatividade. Como essas discussões foram realizadas na Rede, deve-se também levar em consideração que os mesmos puderam ter acesso às fontes diversas de consulta sobre o tema abordado. No entanto é importante ressaltar que, diante da grande diversidade de fontes acessíveis para consulta na *internet*, os mesmos devem ser orientados sobre aquelas que são pouco confiáveis nos seus embasamentos teóricos. A pesquisa sobre determinado assunto na *internet* é um recurso didático importante no contexto formativo atual possibilitando ampliar o conhecimento sobre certo tema desde que os estudantes sejam orientados para: (i) Utilizar fontes confiáveis de informação; (ii) Não se limitar, apenas, em reproduzir a informação elaborando sempre uma análise crítica diante da grande gama de

informações disponíveis para consulta em todo o mundo; (iii) Sempre referenciar a fonte consultada de forma que não se configure o plágio. Esta possibilidade de pesquisar sobre a informação de interesse, a partir de buscadores na *internet*, permite aos estudantes rever e complementar o conhecimento atual ampliando, assim, a compreensão sobre determinado objeto de pesquisa no âmbito da ciência atual, favorecendo a participação crítica do estudante na discussão dialógica no grupo de discussão com maior embasamento teórico nas suas respostas.

A partir da análise documental das elaborações textuais dos discentes no grupo de discussão sobre como os mesmos interpretavam o fenômeno de radioatividade, transcritas no Quadro 5, é possível destacar quais aspectos da definição de radioatividade proposta por Cember e Johnson (2009, tradução nossa) foram abordados pelos discentes nesta postagem na rede social. Estes recortes estão descritos e comentados no Quadro 6, a seguir:

Quadro 6: Aspectos da definição de Cember e Johnson (2009, tradução nossa) abordados pelos discentes no Grupo de discussão no *Facebook*.

ASPECTOS ABORDADOS PELOS DISCENTES	COMENTÁRIO DO PESQUISADOR
<p>1. São transformações nucleares espontâneas de átomos instáveis:</p>	<p>▪ Apenas o Discente D2 não mencionou a espontaneidade das transformações radioativas. Os demais abordaram em seus conceitos a radioatividade como sendo um fenômeno com transformações espontâneas de núcleos instáveis. Porém, o discente D1 se refere a possibilidade da não espontaneidade desse processo. As transformações radioativas podem ser espontâneas (radioatividade) ou não espontâneas (transmutações). Como definido no modelo conceitual de Cember e Johnson (2009) a radioatividade é um fenômeno nuclear espontâneo.</p>
<p>2. Resultam na formação de novos elementos:</p>	<p>▪ Apenas os discentes D2 e D5 destacaram nas suas abordagens que esse fenômeno nuclear resulta na formação de “novos elementos químicos”, mais especificamente de núcleos com maior estabilidade nuclear, com liberação de energia na forma dessas partículas e fótons gama.</p>
<p>3. É caracterizada por um dos vários mecanismos diferentes incluindo a emissão de partículas (alfa, beta, pósitrons) e captura de elétrons orbitais e cada uma dessas reações podem ou não</p>	<p>▪ A maioria dos estudantes fizeram referência às emissões de partículas alfa, beta e raios gama. No entanto não abordaram em suas definições os processos de emissão do pósitron (β^+) e captura de elétron orbital. Também se referem à emissão de raios gama como um modo de</p>

ser acompanhadas pela emissão de radiação gama”.	decaimento nuclear sem compreender que esta radiação eletromagnética está associada a outros modos de decaimento quando o núclídeo filho é formado num estado nuclear excitado.
--	---

Fonte: Autoria própria.

Uma análise das elaborações destes discentes, transcritas no Quadro 6, permite concluir que os mesmos ainda desconhecem, nesse momento do percurso formativo, algumas especificidades do fenômeno radioatividade sendo este um aspecto importante para alinhamentos posteriores do docente. Ressalta-se ainda que estas elaborações conceituais dos discentes foram postadas na rede *Facebook* no início do processo de ensino e aprendizagem do referido componente curricular com este conceito ainda sendo debatido nas atividades formativas posteriores. Assim, a visualização do docente sobre tais aspectos nas respostas elaboradas pelos discentes possibilita ajustes no seu planejamento educacional ampliando a discussão buscando promover a compreensão mais efetiva e aprofundada dos discentes sobre este fenômeno.

Merece destaque a apresentação conceitual sobre radioatividade formulada pelo discente D5, em comparação com as respostas dos demais estudantes, que ao se referir à emissão da partícula beta faz o seguinte comentário: “[...] *beta (formada por um elétron que é "atirado" em altíssima velocidade para fora do núcleo. Na verdade, o elétron não está no núcleo. O elétron é emitido por causa do núcleo instável)*”. Assim este estudante tem a concepção correta de que o elétron não se encontra no núcleo atômico, mas é liberado neste processo de decaimento. No entanto, não explica como ocorre a emissão da partícula beta por um dado núclídeo. Sabe-se que núclídeos que apresentam a relação entre as quantidades de nêutrons e prótons (N/P) alta decaem por emissão beta (β^-). Neste processo, o nêutron de forma espontânea e simultânea se transforma em um próton no núcleo atômico emitindo um elétron (a partícula beta) e um antineutrino do elétron ($\bar{\nu}_e$) necessário para que ocorra a conservação de energia, conforme foi mostrado na equação (2).

O Discente D5 também ampliou bastante a sua discussão sobre o conceito de radioatividade citando alguns aspectos importantes sobre este fenômeno do ponto de vista conceitual e no contexto histórico da sua descoberta. Nesta perspectiva se referiu ao tempo de meia-vida elevado do “elemento” urânio evidenciando desconhecer que este elemento tem vários radioisótopos com valores específicos

para este parâmetro temporal de decaimento radioativo. O tempo de meia-vida de um radionuclídeo ($T_{1/2}$) é o intervalo de tempo necessário para que a sua atividade seja reduzida à metade de sua atividade inicial. Os tempos de meia-vida dos radionuclídeos variam numa ampla faixa valores: muito pequenos (da ordem de milionésimos de segundos) a muito elevados (da ordem de bilhões de anos (TAUHATA, et al., 2003). No entanto este discente se refere ao elemento químico urânio sem compreender ainda que a radioatividade se refere a desintegração nuclear espontânea de um radionuclídeo específico. No caso deste elemento químico dois dos seus isótopos radioativos – ^{235}U e ^{238}U – são primordiais com tempos de meia-vida iguais, respectivamente à: $7,04 \times 10^8$ anos e $4,468 \times 10^9$ anos. Ambos integram as duas séries radioativas naturais do urânio (IAEA, Nuclide Chart).

Este mesmo discente (D5) descreve ainda, na sua construção textual, alguns fatos históricos relacionados à linha do tempo da descoberta da radioatividade natural dos minérios de urânio no final do Século XIX e que resultou na descoberta de novos elementos radioativos naturais ainda desconhecidos, o polônio (Po) e o rádio (Ra). Portanto observa-se que o mesmo foi capaz de elaborar uma construção textual ampla ligando os diferentes aspectos, conceitual e histórico, já discutidos anteriormente e que são importantes para o processo de ensino e aprendizagem gerando novas possibilidades de discussões, reflexões e ajustes na compreensão dos discentes.

Uma discussão textual bastante limitada sobre o fenômeno de radioatividade foi apresentada pelo discente D2 considerando que o mesmo: (i) Não se referiu à espontaneidade do processo. (ii) Não descreveu os diferentes mecanismos de desintegração. (iii) Não especificou os tipos de partículas emitidas e nem os fótons gama emitidos prontamente pelos núcleos formados com excesso de energia (ou seja, excitados). Diante deste resultado o docente fez o seguinte comentário no grupo de discussão: *“Tem incoerência na sua definição com relação à desintegração. Rever”*. Esta intervenção do docente buscou possibilitar que o estudante reformulasse a sua interpretação sobre o fenômeno quantas vezes fossem necessárias para que as lacunas conceituais pudessem ser sanadas a partir da interação dialógica com a participação tanto do docente quanto dos pares. De acordo com Cember e Johnson (2009, tradução nossa) o termo radioatividade se refere às transformações nucleares espontâneas de átomos instáveis. Portanto nem todo núcleo é radioativo.

Cember e Johnson (2009, tradução nossa) também destacam que o modo exato de transformação radioativa depende da energia disponível para a transição que, por sua vez, é dependente do tipo particular de instabilidade nuclear, isto é, se a razão entre a quantidade de nucleons, ou seja, de nêutrons e prótons no núcleo (N/P) é muito alta ou muito baixa para um dado nuclídeo além da relação massa-energia entre o núcleo pai, núcleo filho e partícula emitida. Portanto esta atividade dialógica possibilitou ao Docente identificar esses aspectos ainda não compreendidos pelos discentes nesta etapa do processo formativo.

Nesta discussão dialógica na rede social *Facebook* o docente também levantou questionamentos considerando a necessidade de ampliar a discussão sobre o tema da postagem. Assim, diante da explicação elaborada pelo discente D1 sobre radioatividade, se referindo apenas a emissão das partículas alfa, beta e fótons gama, o Docente fez a seguinte observação nesta postagem: *“Será que só existem esses tipos de emissões radioativas?”* Este questionamento tinha como objetivo formativo despertar a curiosidade dos estudantes sobre outros modos de decaimento, conforme aqueles destacados por Cember e Johnson (2009, tradução nossa) na sua definição conceitual deste fenômeno nuclear, motivando-o pela busca de informações complementares sobre o tema para a formulação conceitual mais adequada do conceito de radioatividade.

Nessa atividade proposta pelo Docente na rede social *Facebook* não ocorreram interações dialógicas entre os discentes. No entanto o Docente percebendo algumas incoerências nas interpretações dos discentes sobre a radioatividade buscou, a partir de seus comentários adicionais no grupo de discussão – destacados em itálico nos parágrafos anteriores – possibilitar uma reflexão e reformulação dessas ideias iniciais além de favorecer a participação coletiva no processo educacional uma vez que estes questionamentos foram visualizados em tempo real por todos os estudantes. Observou-se que alguns dos comentários preliminares dos discentes foram editados posteriormente sinalizando para esta perspectiva de reformulação do conhecimento no decorrer da discussão realizada com maior entendimento do fenômeno.

Portanto, a partir da análise dos comentários apresentados, é visto que boa parte dos estudantes participantes da pesquisa conseguem entender que a radioatividade é um processo natural, espontâneo, relacionado à núcleos instáveis que se transformam formando novos elementos químicos com maior estabilidade

nuclear com liberação de energia na forma de partículas (alfa ou beta) ou radiações eletromagnéticas (fótons gama). No entanto desconhecem os processos de captura de elétron orbital e emissão de pósitron citados por Cember e Johnson (2009, tradução nossa) e que cada uma dessas reações nucleares pode ou não ser acompanhada por emissão de fótons gama. Vale ressaltar que apenas seis discentes realizaram esta atividade avaliativa na rede social. Não se sabe ao certo por quais motivos os demais discentes (D7, D8, D9, D10) se omitiram na participação nessa discussão dialógica sobre radioatividade.

A ausência destes discentes nesta discussão inicial é importante para a compreensão conceitual da radioatividade pode ter ocorrido: (i) Pela falta de entendimento da proposta avaliativa docente, detalhada no primeiro encontro presencial durante o processo de ensino e aprendizagem do referido componente curricular. (ii) Pela resistência dos mesmos sentindo-se inseguros de expor suas ideias para o coletivo neste grupo de discussão ou mesmo por outros fatores, tais como: (iii) Limitação temporal para a realização de tais atividades e (iv) Dificuldades de conexão à Internet em suas residências. Mesmo assim, três (3) destes discentes (D7, D9 e D10) foram aprovados neste componente curricular sendo: dois (2) por média (D7 e D9) e um após realização de avaliação final (D10), sinalizando que a não participação nessa discussão dialógica não foi pelo motivo de desinteresse dos mesmos pelo processo de ensino e aprendizagem deste componente curricular eletivo.

Estas discussões realizadas em um grupo fechado na rede social *Facebook* demonstram que este recurso pode ser inserido como ferramenta didática na prática docente sendo bastante vantajosa para o desenvolvimento de atividades formativas, realizadas continuamente e em tempo real, auxiliando tanto o docente quanto os discentes na construção do conhecimento. Além disso possibilita ao Docente, a partir da análise avaliativa inicial sobre a compreensão dos discentes, identificar as lacunas de aprendizagem ainda persistentes que poderão ser rediscutidas, com mais ênfase a partir das dificuldades diagnosticadas, utilizando novas abordagens pedagógicas no âmbito tanto presencial como virtual.

Conforme Vagula (2014) a utilização do *Facebook* como ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, permite que as discussões formativas possam ser visualizadas por todos os estudantes, num dado contexto de ensino e aprendizagem, permitindo, assim, o desenvolvimento de uma rede de colaborações

entre os participantes do processo educacional proporcionada pela interatividade na rede social que possibilita tanto a construção coletiva do conhecimento quanto a realização de atividades significativas através do compartilhamento dos saberes adquiridos. Além disso permite o desenvolvimento de aprendizes mais autônomos nas atividades realizadas virtualmente e fora dos ambientes formais de ensino e aprendizagem, tornando-se de certa forma mais responsáveis pela sua formação no decorrer do processo educacional.

No decorrer do período letivo, foi visto que a maioria do grupo de estudantes participantes deste estudo sempre participava das discussões em Rede construindo um ambiente virtual propício para que as dúvidas surgidas pudessem ser discutidas entre os próprios estudantes sempre auxiliados pelo Docente responsável pelo referido componente curricular eletivo. Conforme é defendido por Juliani, et al. (2012) em um processo educacional de caráter formativo destaca-se a importância da participação do professor nos diálogos durante a realização das atividades interativas sendo este aspecto decisivo para o êxito das mesmas, publicando e acompanhando o grupo nas suas discussões, promovendo colaborações e compartilhamento de conhecimentos. Nesta perspectiva é de grande importância manter sempre ativa as discussões virtuais na rede social.

Portanto, o uso do *Facebook* para a realização destas atividades formativas mostrou-se bastante favorável para o entendimento conceitual inicial do fenômeno da radioatividade, sendo que a participação dos estudantes neste processo tem um papel de extrema importância, considerando que os mesmos necessitam compreender os objetivos educacionais da proposta pedagógica desenvolvida pelo Docente e assim estarem interessados e engajados nos desafios educacionais propostos buscando-se atingir os objetivos didáticos e a aprendizagem. Assim, a partir das interações ocorridas nestas discussões, os estudantes ganham confiança, aprofundam seus conhecimentos e se sentem mais à vontade para interagir emitindo suas opiniões e explicitando suas incompreensões que podem ser superadas neste processo dialógico, tudo isso ocorrendo sem a necessidade de estar junto fisicamente.

5.2 Influência da interação colaborativa virtual na construção do conhecimento sobre a radioatividade no contexto histórico e científico

Para a análise desse tópico foi selecionada uma postagem e discussão proposta pelo Docente, responsável pelo referido componente curricular, na rede social *Facebook* e que resultou no engajamento amplo dos discentes, possibilitando, assim, tirar conclusões sobre como a interação colaborativa entre os pares e o docente influenciou na construção do conhecimento, no contexto histórico e científico, sobre a radioatividade, descoberta no final do século XIX, na perspectiva do planejamento pedagógico proposto pelo docente e de como esse espaço de discussão virtual favoreceu a ocorrência das interações dialógicas a partir das opiniões, convergentes e divergentes, dos discentes.

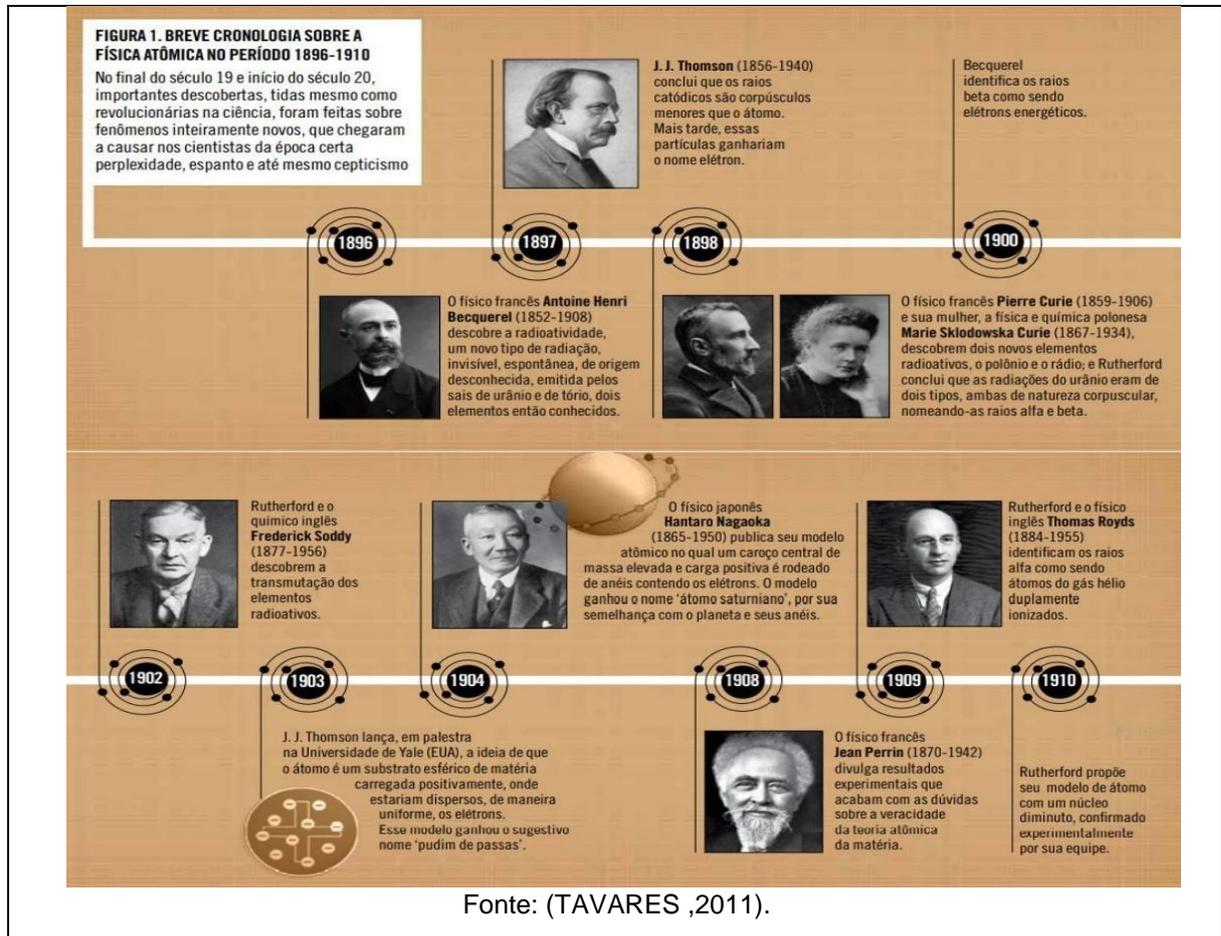
Conforme é defendido por Kenski (2008) o processo de ação colaborativa no ensino pressupõe que haja a circulação de um grande número de trocas de informações visando atingir objetivos didáticos previstos. Tanto os estudantes quanto o professor possuem papel de extrema importância para o sucesso de tais interações, ambos necessitam participar ativamente na execução das tarefas superando desafios e construindo de forma colaborativa os conhecimentos, estando essas contribuições disponíveis para todos e servindo para que cada um possa executar melhor seu trabalho.

A discussão em rede que foi selecionada para verificar a influência da interação colaborativa virtual na construção do conhecimento sobre a radioatividade, no contexto histórico e científico, foi iniciada a partir de uma postagem feita pelo Docente, responsável pelo referido componente curricular, no grupo de discussão no *Facebook*, com um questionamento relacionado à imagem, reproduzida do artigo "100 anos com o Núcleo Atômico" (TAVARES, 2011), já lido e discutido pelos discentes em atividade formativa realizada anteriormente, na perspectiva pedagógica de ampliar o conhecimento e discutir criticamente o contexto histórico e científico da Ciência Nuclear neste componente curricular.

No Quadro 7, a seguir, além da reprodução da referida imagem, que também foi anexada à postagem do docente, estão transcritas na íntegra: a provocação inicial feita pelo docente nesta publicação assim como as construções dialógicas dos discentes que participaram desta discussão. A postagem inicial e os comentários posteriores do Docente estão destacados em negrito e itálicos. O número entre

parêntese anexado à identificação de cada discente e do Docente se refere a sequência dos seus comentários publicados nesta postagem na rede social *Facebook*.

Quadro 7 - Interações dialógicas na Rede social *Facebook* sobre o contexto histórico e científico da Ciência Nuclear.



- **Docente** – “*Cutucando: prezados discentes matriculados no componente curricular Introdução à Química Nuclear comentem criticamente a seguinte afirmação que consta na Figura 1 do artigo 100 anos com o Núcleo Atômico: “1896 - O físico francês Antoine Henry Becquerel descobre a radioatividade, um novo tipo de radiação invisível, espontânea, de origem desconhecida, emitida pelos sais de Urânio e de Tório, dois elementos então conhecidos”.*
- Discente D6(1): Pode ser equívoco meu, mas mesmo a timeline do artigo "100 anos com o Núcleo Atômico" referindo que a descoberta da radioatividade está proposta por Becquerel, eu não concordo. Acho que esse prestígio deve ser dado ao casal Curie.
- Discente D2(1): Também concordo com o discente D6. Becquerel viu o fenômeno por acaso. Quem se aprofundou no assunto foi Curie, inclusive com o elemento Tório.
- Discente D6(2): O desempenho que Becquerel desenvolve é de tamanha importância, mas o fato é que ele observou o que não haviam sido descobertos. E um grande motivo para isso, até o momento, é que ele chegou a desistir quando percebeu que não eram raios X aquelas radiações com as quais estava estudando.
- Discente D5(1): Iguamente concordo com o discente D6! Não só no artigo "100 anos com o núcleo atômico" ou timeline apontam Becquerel como descobridor da radioatividade, mas também vários outros sites que falam sobre o assunto. Talvez esse mérito tenha sido

dado a ele por ter sido, de fato, o primeiro que tenha visto através de estudos com o urânio e tório, porém não estudado ou interpretado tal fenômeno. Aliás, o seu objetivo era estudar os raios catódicos, raios X e elementos fosforescentes, pois na época estava em grande alta tais assuntos e pesquisas. Por isso reforço a ideia de que Becquerel quando percebeu que a radiação que estava observando não se tratava de raios X, ainda assim não se interessou em tentar explicar o novo fenômeno e por isso cometeu sérios erros conceituais baseados em teorias próprias de que já tinha conhecimento. Porém, não se pode retirar a contribuição que Becquerel teve no descobrimento da radioatividade, porque foram justamente esses erros conceituais que instigou o casal Curie para produzir pesquisas aprofundadas e foram afincos nesse período. A prova disso é que além de ter nomeado esse fenômeno de "radioatividade", ainda descobriram dois novos elementos, o polônio e o rádio que são muito mais radioativos que o urânio.

- Discente D3(1): Becquerel viu o fenômeno de fato, mas ele não se concentrou em propor uma justificativa a tal fato. Levando em consideração que descobrir não precisa necessariamente explicação para tal fenômeno, Becquerel sim descobriu a radioatividade e é meio incoerente dizer que Becquerel não contribuiu para a descoberta da radioatividade. Infelizmente não se sabe o porquê de Becquerel não ter ido adiante com seus estudos, talvez se ele não desse tanto enfoque apenas a luminescência ele de fato, acharia a explicação correta. Mas, levando em consideração que descobrir não é necessariamente ver o fenômeno é também explicar, o casal Curie merece todo o mérito.
- **Docente (1): Além do fato de Becquerel ter observado o fenômeno e o ter relacionado ao fenômeno de fluorescência o texto se refere as emissões dos sais de Urânio e Tório. Becquerel testou esses materiais?**
- Discente D6(3): Becquerel utilizou sal de urânio em suas pesquisas, no qual ele percebeu que alguns compostos emitiam fosforescência tão notável quanto o do mesmo, que foi o caso do sulfato de cálcio, que em um momento de observação diz ter presenciado a fosforescência de uma matéria que na verdade não apresenta esse fenômeno. Divergindo com suas hipóteses, em sala ocorreu a discussão de que havia sido contaminação do sulfeto pelo próprio sal de urânio.
- Discente D9(1): É como eu perguntei na aula anterior, a informação de que ele não descobriu a radioatividade está exposto para todos? Eu estava imaginando, nós como futuros professores, teremos que ensinar que foi Becquerel o descobridor, pois está em todo lugar que ele foi o descobridor. Isso parece com a História do Brasil muitas vezes ensinam a mentira ou a meia mentira.
- Discente D3(2): Nós como futuros educadores precisamos deixar bem claro todo o contexto histórico e deixar nas mãos deles o que eles acharem cabível de ser pensado. Becquerel só não testou o tório, mas fez os testes com os sais de urânio e como o discente D6 citou o sulfeto de cálcio que ele observou que apresentava fosforescência (o que hoje na prática, não é verdade) e como ele trabalhava num laboratório não tão moderno, o material sim pode ter sido contaminado pelos sais de urânio.
- Discente D9(2): Imagina se cair no vestibular: Becquerel, o descobridor da radioatividade. E o aluno pensa: - Eita! Minha professora disse que esta afirmação está errada. Quando eu digo em ensinar "a mentira" é dizer, olha, ele não foi o descobridor, mas em quase toda literatura disse que foi; isso pode causar um nó na cabeça dos meninos, mas deve ser ensinado assim.
- Discente D5(2): Essa dúvida levantada pelo discente D9 é de pensar, com certeza. Porém, só porque algo está na literatura, deve ser 'transferido' ao aluno. Se eu, como futura professora, reforçar a ideia de Becquerel como único descobridor da radioatividade, não vou levar os meus alunos a terem uma visão crítica sobre o assunto e desenvolverem

suas próprias conclusões através do estudo sistemático que tanto falamos e somos instigados a obter.

- Discente D3(3): Acho que o aluno deve estar preparado para além de um vestibular, (que é apenas um processo seletivo que estamos sujeitos) ele precisa ser um avaliador crítico também.
- Discente D3(4): O objetivo é nosso conhecimento e ele vai além de avaliação. Na prática, todos sabemos que avaliação escrita, por exemplo, não mede todo nível de conhecimento de alguém.
- Discente D6(4): Sabendo como a aprendizagem de cada aluno foi dada no assunto, seria possível dizer se ele aprenderia e entenderia de fato o contexto de uma pergunta como a do discente D9, porque infelizmente existem professores que passam os conteúdos sem explicar a relação de todo o desenvolvimento, ou até passam assuntos errados. Sendo assim, de qualquer forma o aluno teria probabilidades de acerto ou de erro.
- Discente D6(5): Mas em relação ao assunto, sim, Becquerel foi e é muito importante para todos os desenvolvimentos a respeito da radioatividade, porque sem ele, talvez, os Curies nem tivessem tido interesse em estudar radiações emitidas pelas substâncias fosforescentes.
- **Docente (2) - Adorei a discussão provocada pela cutucada! As divergências e opiniões críticas, além do respeito ético as diferenças, são importantes na formação humana (construção sistemática do conhecimento). Os formadores, que são meros orientadores dessa formação, devem desenvolver o senso crítico dos discentes inclusive com relação às informações disponíveis nos livros textos e na mídia. Os discentes devem ter também essa visão crítica dos fatos, mas essa competência precisa ser vivenciada durante a sua formação. Recomendo a vocês queridos discentes que analisem com inquietações e dúvidas as fontes de informações. Costumo ler vários autores sempre sobre determinado assunto, como estou recomendando que vocês o façam nesse componente curricular comparando os glossários. Entendo a preocupação do discente D9 e acho que se essa reflexão não fosse favorecida na formação de vocês todos e todas iriam apresentar Becquerel como o descobridor da radioatividade sem citar as contribuições científicas e mais importantes dos Curie, Rutherford e outros pesquisadores para caracterizar os fenômenos emitidos pelos sais de Urânio. Acho que o meu objetivo educacional foi alcançado. Levem essa experiência para a vida profissional de vocês.**
- Discente D5(3): Professora, confesso que no começo, antes de ser apresentada ao objetivo da disciplina, até desacreditei um pouco que discussões como essas fossem tão prazerosas e construtivas. Não falo só da turma como um todo, mas também falando propriamente de mim! Estou supersatisfeita com os resultados obtidos até agora pelo fato de causar, além de mim, visões críticas sobre os assuntos até aqui estudados em todos os alunos envolvidos.
- Discente D7(1): De fato explorar não somente a apreensão de conhecimento, mas também a tomada crítica de ideias e posicionamentos, cria uma independência própria, a não formar uma opinião a partir do que outras pessoas dizem, mas a partir do momento em que você percebe e entende o texto, se posicionar diante dele. Esse espaço além de ser muito útil, ajuda a aqueles que não tem tanta facilidade de expressar sua opinião em palavras.
- Discente D8(1): Becquerel contribuiu bastante com o desenvolvimento e descoberta da radioatividade. Porém, o mérito é do casal Curie que se aprofundaram mais nas radiações emitidas pelas substâncias fosforescente e deram uma explicação para tais fenômenos.

- Discente D7(2): Fico um pouco cismada quando observo que a mídia e os meios de comunicação controlam uma série de dados e informações que podem ser mentiras ou pseudoverdades, acerca do universo do conhecimento (não sei se isso é uma estratégia de marketing ou em busca de motivar os alunos a ver como o conhecimento e a ciência tem um caráter mágico), mas quando vejo dados assim, sobre que apenas um cientista teve o mérito sendo que existe uma realidade ao redor de como tal cientista descobriu que toma não apenas ele o descobridor. Como Becquerel, acredito no mérito dele sobre o fenômeno da radioatividade, porém não unicamente ele. Tantos outros cientistas que investigaram e experimentaram que nem foi mencionado como coadjuvante da descoberta. Observo que ao mesmo tempo que o prêmio Nobel incentiva a atitude inovadora e científica, ela também torna o conhecimento como um prêmio e uma forma de reconhecimento, não romantizo e sei que a realidade é muito mais dura e diferente; o fenômeno da radiatividade não foi algo descoberto em um momento, como se Becquerel descobrisse em um dia, mas foi um trabalho contínuo e experimental dele e outros, e até por que a concepção mais verdadeira da radiatividade não foi dele, fora refinado.
- Discente D10(1): Concordo o discente D7 é como se mascarassem o fato fazendo com que muitos acreditem e não busquem saber o "por quê" de determinados acontecimentos. Muitas vezes colocam apenas um cientista como ganhador do mérito (Como aconteceu no artigo) resumindo os estudos que foram feitos antes e depois de Becquerel e referenciando apenas ele como o descobridor da radioatividade, fazendo com que haja um desconhecimento e desvalorização de trabalhos tão importantes (e até mais que os de Becquerel) Como os de M. Curie.
- Discente D7(3): Minha opinião, Becquerel além de não continuar seus estudos, abandonando-os no momento em que não conseguia achar mais nada de significativo, não foi algo muito coerente para um cientista comprometido com um trabalho, mesmo sendo algo que muitos investigavam. Como haviam mencionado, obviamente estamos sujeitos a errar, a não perceber algum fenômeno a parte (como Lenard que poderia ter descoberto os raios X e não Röntgen, se tivesse visto que as chapas estavam com algum comportamento diferente, fruto de algo além dos raios catódicos, porém associou a um defeito no material), o que não gosto é de ficar dando credibilidade a um personagem que contribuiu minimamente como se ele fosse o pioneiro da descoberta de um fenômeno grandioso.
- Discente D1(1): Henri Becquerel descobriu que o urânio e seus compostos emitiam uma radiação penetrante, mas interpretou o fenômeno como um tipo de fosforescência invisível. Assim guiado pela sugestão de Poincaré de que os materiais luminescentes talvez emitissem raios X. Como outros pesquisadores da época, Becquerel descreveu fenômenos inexistentes, atribuindo à radiação do urânio e não de tório propriedades como reflexão regular, refração, polarização e aumento de intensidade quando estimulado por luz. Apenas a partir de 1898 o estudo da radioatividade começou realmente a se desenvolver, com a correção dos erros de Becquerel, a descoberta de outros elementos (além do urânio) que emitiam radiações penetrantes, e a própria formulação do conceito de "radioatividade" por Marie Curie.
- Discente D10(2): No entanto cabe a nós como futuros educadores saber levar os educandos a uma visão crítica de determinados acontecimentos. Não é pelo fato de que no livro está uma informação errada, que devemos passar da mesma forma para os alunos, pois um entendimento equivocado pode se tornar "uma bola de neve" que vai atingindo cada vez mais pessoas, levando informações errôneas e distorcidas. Paulo freire afirmava que "Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua produção ou a sua construção", esse pensamento dele se encaixa perfeitamente em meu ponto de vista, onde o aluno deve ter autonomia para analisar criticamente o fato estudado, e assim tirar sua conclusão sobre a realidade dos fatos.

Observa-se que a “CUTUCADA” inicial do docente, na rede social *Facebook*, proporcionou uma quantidade significativa de comentários nessa publicação, demonstrando que houve motivação e participação efetiva dos discentes nesta discussão, diferentemente do que ocorreu na postagem inicial sobre o conceito de radioatividade neste processo formativo. Assim, do total de dez (10) discentes participantes deste estudo, apenas um não compartilhou seus questionamentos e opiniões sobre o contexto histórico e científico da descoberta da radioatividade posto em discussão. Nas respostas analisadas pode-se perceber discussões interessantes, com a ocorrência de convergências e divergências acerca das contribuições tanto de Becquerel como de outros cientistas, especificamente do casal Marie e Pierre Curie, sobre os estudos científicos desenvolvidos na época que possibilitaram explicar os fenômenos radioativos e a sua natureza atômica. Nos seus diálogos os discentes buscaram respeitar as opiniões individuais dos participantes mesmo refutando-as.

A ocorrência das interações entre os discentes é importante, pois a partir delas ocorre a partilha do conhecimento – processo em que as pessoas trocam conhecimento podendo ocorrer a criação de novos conhecimentos. Neste processo os estudantes levantam suas hipóteses individuais sobre o tema objeto de discussão ao mesmo tempo que auxiliam seus colegas a refletirem e repensarem suas opiniões no decorrer das discussões. De acordo com Kenski (2008), a abordagem cooperativa no processo de ensino e aprendizagem permite aos estudantes desenvolver maior autonomia e maior grau de responsabilidade com os demais participantes, expondo quando necessário suas opiniões no decorrer da discussão. Então, a partir destas interações ocorridas no grupo de discussão no *Facebook* foi possível analisar como elas influenciaram o processo de ensino e aprendizagem neste contexto formativo, visto que foi possível observar, a partir das respostas apresentadas, a criticidade dos discentes ao trazerem informações sobre o artigo referenciado na postagem, mas apresentando suas opiniões e buscando, ao interagir com os colegas, complementar as ideias trazidas para o debate. Este resultado só é possível se os discentes estiverem engajados e motivados para tal participação.

Observando as respostas dos discentes nas discussões realizadas, percebe-se a existência e vários questionamentos acerca das reais contribuições de Becquerel para a descoberta da radioatividade, sendo apresentado alguns fatos históricos atribuindo ao casal Marie e Pierre Curie a autoria das pesquisas que levaram a compreensão científica da natureza atômica deste fenômeno com a descoberta de

novos elementos radioativos. Inicialmente, o Discente D6(1) postou o primeiro comentário nesta publicação apresentando sua opinião em discordância com a citação direta do Docente afirmando, na sua postagem inicial, que, em 1896, o físico francês Antoine Henry Becquerel “descobriu a radioatividade, um novo tipo de radiação invisível, espontânea, de origem desconhecida, emitida pelos sais de Urânio e de Tório, dois elementos então conhecidos”. Este discente também apresentou os motivos pelos quais não concordava com o relato histórico científico atribuindo à Becquerel a descoberta da radioatividade considerando que [...] “*esse prestígio deve ser dado ao casal Curie*”. Este comentário foi de grande relevância nesta discussão pois foi a partir dele que se iniciou toda a sequência de posicionamentos e interações entre os discentes, alguns em concordância total, e outros discordando parcialmente com a afirmação do discente D6(1).

Entre os discentes que discordaram parcialmente da opinião de D6(1) destacam-se as afirmações de D5(1) e D3(1) que, nesta discussão, apresentam em suas narrativas a compreensão da importância dos estudos pioneiros de Becquerel, como sendo essenciais para o desenvolvimento dos estudos posteriores. No entanto, ambos também mencionam a importância que o casal Curie teve para a caracterização dos raios de Becquerel desenvolvendo pesquisas científicas sobre a atividade radioativa dos minerais de urânio.

O Docente responsável pelo processo de ensino e aprendizagem assumiu o papel de mediador da discussão e fez a seguinte colocação no grupo de discussão: **“Além do fato de Becquerel ter observado o fenômeno e o ter relacionado ao fenômeno de fluorescência o texto se refere as emissões dos sais de urânio e tório. Becquerel testou esses materiais”?** Esta provocação teve como objetivo pedagógico discutir se Becquerel, nas suas pesquisas sobre os fenômenos luminescentes e que levaram à descoberta da radioatividade, estudou tanto os sais de urânio como de tório.

Respondendo esta indagação os discentes realizaram as seguintes postagens: D6(3) “[...] *Becquerel utilizou sal de urânio em suas pesquisas, no qual ele percebeu que alguns compostos emitiam fosforescência tão notável quanto o do mesmo, que foi o caso do sulfato de cálcio, que em um momento de observação diz ter presenciado a fosforescência de uma matéria que na verdade não apresenta esse fenômeno*” e D3(2) “[...] *Becquerel só não testou o tório, mas fez os testes com os sais de urânio e como o discente D6 citou o sulfeto de cálcio que ele observou que*

apresentava fosforescência (o que hoje na prática, não é verdade) e como ele trabalhava num laboratório não tão moderno, o material sim pode ter sido contaminado pelos sais de urânio”.

Na verdade, os registros históricos afirmam que Becquerel testou os fenômenos luminescentes de vários materiais incluindo os sais de urânio além do urânio metálico. A radioatividade do tório foi descoberta e investigada pelo alemão Gerhard Carl Schmidt e a polonesa Marie Curie. Ambos realizaram estudos independentes e verificaram, em abril de 1898, a atividade radioativa do tório que, semelhante ao urânio, também emitia os raios de Becquerel (MARTINS, 1990).

Nos seus comentários estes discentes consideram, em suas discussões, alguns equívocos cometidos por Becquerel na interpretação científica do fenômeno observado afirmando que o sulfeto de cálcio apresentava fosforescência semelhante à dos sais de urânio. Os discentes D6(3) e D3(2) também argumentaram sobre a possibilidade de que as amostras pudessem estar contaminadas com sais de urânio, fato que influenciou no surgimento de mais questionamentos sobre as reais contribuições de Becquerel por parte destes discentes nesta publicação.

Portanto, pode-se afirmar, a partir destes registros documentais digitais e pautando-se nas considerações de Vagula (2014), que a colaboração ocorrida entre esses discentes na elaboração destes comentários, proporcionada através desta rede social, contribuiu para o desenvolvimento, ampliação e reflexão dos saberes adquiridos a partir das interações ocorridas durante a realização coletiva das atividades, significativas e de caráter formativo, realizadas pelos discentes.

O Docente ao mediar essa discussão buscou contribuir para uma maior reflexão dos discentes sobre os méritos das descobertas na Ciência ressaltando que para valorizar o feito de um cientista não é necessário retirar o mérito de outro, mas apenas entender que tais contribuições são importantes para o desenvolvimento do conhecimento científico. Esta questão é muito importante para uma compreensão da atividade científica que envolve os avanços atemporais do conhecimento e das tecnologias. Tais questionamentos podem ter surgido, pois, anteriormente à esta discussão, os discentes haviam lido e discutido o artigo “Como Becquerel não descobriu a radioatividade” (MARTINS, 1990). Trata-se de uma leitura interessante do ponto de vista histórico e científico pois este Autor faz uma análise crítica das contribuições, tanto de Becquerel quanto dos outros cientistas, entre eles Pierre e Marie Curie, na descoberta e compreensão deste fenômeno. Ressalta-se que

Becquerel mesmo não tendo aprofundado os estudos sobre a radioatividade e apesar de ter elaborado explicações equivocadas sobre o fenômeno foi o primeiro cientista a observar essas radiações invisíveis, não como obra do acaso, mas buscando respostas para os fenômenos luminosos delicados observados nessa época. Becquerel juntamente com Pierre e Marie Curie foram laureados com o Prêmio Nobel de Física, no ano de 1903, pela descoberta da radioatividade.

Essas inquietações e opiniões partilhadas nesta discussão na rede social *Facebook*, são importantes para o processo de ensino e aprendizagem, pois elas proporcionaram a estes discentes terem um conhecimento mais aprofundado sobre a abordagem histórica da Ciência Nuclear que tem como marco inicial a descoberta dos raios x e da radioatividade. Compreender a atividade científica no seu contexto histórico é bastante importante para a formação docente em Química, pois permite que seja analisado quais metodologias e tecnologias foram utilizadas pelos cientistas e seus colaboradores e quais as contribuições importantes para o desenvolvimento científico atual sobre a natureza das partículas subatômicas que estruturam todos os tipos de matéria do universo e suas interações. O grande legado dessa discussão foi possibilitar aos discentes neste processo formativo entender que essas descobertas não foram obras isoladas do acaso e cujas limitações a avanços estão atrelados à tecnologia existente.

Por meio de um comentário realizado pela discente D9(1) alguns aspectos importantes para a formação docente também foram abordados como pode ser analisado no recorte da sua fala, registrada Quadro 7, no início nesta discussão, e reproduzida a seguir: “[...] a informação de que ele não descobriu a radioatividade está exposto para todos? Eu estava imaginando, nós como futuros professores, teremos que ensinar que foi Becquerel o descobridor, pois está em todo lugar que ele foi o descobridor”. Neste diálogo a discente D9(1) traz para a discussão algumas observações importantes para uma reflexão coletiva afirmando que a maioria dos livros didáticos apresentam Becquerel como descobridor da radioatividade, omitindo detalhes importantes sobre a contribuição de outros pesquisadores e que também merecem destaque neste contexto histórico. Observa-se a preocupação deste discente em refletir o seu papel como futuro professor, buscando metodologias que desenvolvam a criticidade aos estudantes com relação a forma como estes fatos são reproduzidos.

Os discentes D3(2), D5(2) e D6(4) apresentaram suas opiniões sobre a indagação do discente D9(1) comentando que o papel do professor na discussão dos temas é permitir aos estudantes refletirem e conhecerem melhor todo o contexto científico envolvido. Nesta perspectiva ressaltam que a escola necessita preparar o estudante para a vida, não somente para a realização de exames de acesso às universidades, ou seja, que sejam seres críticos o suficiente para compreender o mundo a sua volta. Esta discussão demonstra que a preocupação com a formação docente cidadã está presente em grande parte dos discentes participantes deste estudo. Com certeza estas são reflexões importantes que devem ser feitas pelos licenciandos em Química ao longo da sua formação que irão se refletir na qualidade da sua prática docente.

A efetividade desses debates ocorridos na rede social *Facebook*, se deu porque estes discentes encararam essa ferramenta como um recurso didático relevante ao longo do processo de ensino e aprendizagem possibilitando a ocorrência das interações dialógicas sem a necessidade de estarem juntos presencialmente. O Docente responsável, durante o desenrolar desta discussão, comentou sobre o êxito pedagógico das interações ressaltando que cada discente, individualmente, se preocupou em compreender as ideias apresentadas pelos demais, se posicionando, mas, respeitando o contraditório. Foi perceptível, a partir dos comentários realizados pelos discentes D5(3) e D7(1) a satisfação em desenvolver essas atividades na rede social tendo vistos os resultados obtidos até o momento, permitindo aos discentes o desenvolvimento do senso crítico assimilando melhor os temas discutidos, além da importância do levantamento dessas questões para o desenvolvimento profissional desses futuros educadores. Como destacado por Leite (2015) o professor ao desenvolver suas atividades necessita facilitar uma comunicação adequada, valorizando e instigando as contribuições dos estudantes e as complementando quando necessário, fazendo com que o estudante compreenda a importância das atividades educacionais propostas e, assim, interessar-se por elas.

Portanto, pode ser visto que a partir desta discussão houve várias interações dialógicas que possibilitaram aos estudantes levantarem suas hipóteses, concordarem ou discordarem dos comentários dos demais participantes, sendo que esses comentários foram feitos sem a necessidade de estarem presentes num ambiente formal de ensino e aprendizagem utilizando, como ferramenta auxiliar, a rede social *Facebook*. Levicoy (2013) destaca ainda outras vantagens possibilitadas

por essas discussões em rede, tais como favorecer a proximidade maior entre o professor e os estudantes, desenvolver a aprendizagem cooperativa, despertar a curiosidade dos participantes sobre o assunto abordado num dado contexto pedagógico.

Levando-se em consideração as respostas postadas pelos discentes foi possível observar o interesse dos mesmos nesta discussão interativa mostrando-se bastante participativos e, portanto, motivados para o processo formativo do referido componente curricular, diante do plano de ensino proposto pelo docente neste período letivo. Deve-se destacar o papel de extrema importância do Docente nesta perspectiva formativa, como mediador das discussões, realizando questionamentos e buscando oportunizar aos estudantes a exporem suas opiniões e dúvidas acerca da temática em estudo. Conforme é defendido por Leite (2015) as tecnologias possibilitam ao professor desenvolver novas relações com os estudantes e também de rever a relação da escola com o meio social, permitindo a diversificação dos espaços de construção do conhecimento, revolucionando os processos metodológicos do ensino e aprendizagem, possibilitando que a escola desenvolva uma nova forma de dialogar com a comunidade.

Pode ser visto a partir dos comentários analisados que os discentes estavam interessados em discutir as suas opiniões neste grupo de discussão no *Facebook*, apresentando aos colegas e ao discentes suas hipóteses, registrando suas preocupações diante dos seus desafios como futuros profissionais da educação, característica bastante importante e que deve ser desenvolvida na formação docente inicial. Essas reflexões podem ter permitido ao Docente desenvolver propostas didáticas buscando a compreensão dos processos científicos, tendo a criticidade como aliada para a ocorrência do processo de ensino e aprendizagem.

5.3 A importância da contribuição motivacional para a autonomia dos estudantes num processo de ensino e aprendizagem formativo

Foram selecionados para a análise deste tópico os dois momentos em que foi permitido ao pesquisador observar e tirar conclusões sobre o desenvolvimento da autonomia dos discentes neste processo de ensino e aprendizagem. O primeiro momento diz respeito à decisão voluntária de alguns discentes para selecionar algumas resenhas produzidas nas atividades formativas deste componente curricular

para estruturar uma edição temática do projeto de extensão “Jornal da Química Inorgânica (JQI)”. Este projeto, que tem registro institucional, é coordenado pelo docente responsável pelo processo de ensino e aprendizagem do componente curricular objeto de discussão nesse estudo. O segundo momento foi a participação voluntária destes mesmos discentes, como protagonistas num evento de extensão, realizado na página do JQI na rede social *Facebook*. O evento foi aberto ao público e ocorreu no período de 19 a 22 de outubro de 2016, durante a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT, 2016). Neste Evento estes discentes se propuseram a discutir temas de interesse sobre a Ciência Nuclear e suas tecnologias com o público seguidor do JQI.

A proposta de publicar as resenhas feitas durante as atividades formativas, partiu de um grupo quatro discentes participantes desse estudo (D3, D6, D7 e D10) visto que neste semestre letivo os mesmos também integravam a equipe editorial do Projeto JQI. Assim, sentiram-se motivados e perceberam a oportunidade em trazer ao público suas produções textuais que foram desenvolvidas durante o processo de ensino e aprendizagem do referido componente curricular eletivo. A proposta da edição temática “Química Nuclear Através do Tempo” (JQI, 2016) foi apresentada ao docente responsável por este projeto de extensão que aprovou a ideia e, após realizar os ajustes editoriais necessários, fez a publicação desta edição nas redes sociais.

É importante ressaltar que este produto demonstra o quanto esses discentes, ao planejarem, elaborarem e proporem a publicação desta edição temática estavam bastante envolvidos com o contexto histórico e científico da Ciência Nuclear, um dos eixos norteadores do planejamento docente, mas cuja discussão transcendeu o limite educacional institucional. Assim, estes discentes de um Curso de Formação Docente em Química, ousaram ampliar a discussão sobre a linha do tempo da Ciência Nuclear com o público em geral.

A Figura 8, a seguir, apresentada uma imagem com a reprodução da capa desta edição temática do JQI, focada no contexto histórico da Ciência Nuclear:

Figura 8: Edição JQI “Ciência nuclear através do tempo”.



QUÍMICA NUCLEAR ATRAVÉS DO TEMPO

EDITORIAL

Caro leitor(a),

“Química Nuclear através do tempo” é uma edição especial do Jornal da Química Inorgânica, que pretende discutir algumas descobertas importantes na evolução dessa área de conhecimento, como a descoberta dos raios-X, da radioatividade, do núcleo atômico e dos isótopos, além de teorias e curiosidades que cercam essas descobertas.

As resenhas apresentadas nesta edição foram produzidas a partir de artigos da literatura por estudantes do curso de Química-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, no Centro Acadêmico do Agreste, na disciplina eletiva Introdução à Química Nuclear, regida pela Prof^a. Dr^a. Jane Maria Gonçalves Laranjeira, entre os

meses agosto de 2015 e janeiro de 2016.

Escolheu-se trabalhar os conteúdos da disciplina a partir da leitura de artigos e produção de resenhas na ordem cronológica das descobertas porque se desejava trabalhar os conteúdos alinhados a seus contextos históricos, proporcionando uma análise crítica dessas descobertas. Com o intuito de estender a discussão à comunidade, foi decidido pela equipe editorial do Jornal (que foram alunos da disciplina em questão) publicar uma seleção das resenhas produzidas como edição especial deste periódico.

Aproveite a leitura.

Equipe Editorial JdQI

Fonte: Laranjeira, et al. (2016).

Assim, a edição temática “Química Nuclear Através do Tempo”, produzida e publicada no JQI, em 2016, com a participação destes discentes, consta de cinco seções que discute aspectos importantes, científicos e históricos, sobre a linha do

tempo da Ciência Nuclear, na seguinte sequência editorial: (i) *“A Descoberta dos Raios X: O Primeiro Comunicado de Röntgen”*. (ii) *“Como Becquerel não descobriu a radioatividade”*. (iii) *“100 anos com o núcleo atômico”*. (iv) *“Aston e a descoberta dos isótopos”*. (v) *O Modelo Padrão da Física de Partículas”*.

O Jornal da Química Inorgânica (JQI) é um jornal eletrônico de divulgação científica da área da ciência Química com enfoque histórico, científico e tecnológico, social e ambiental – CTSA. As edições são planejadas, desenvolvidas e publicadas a partir da proposta de divulgação da equipe editorial que também participa da escolha dos temas estruturais de cada edição. Estes temas são sugeridos pelos membros desta equipe, formada dos estudantes dos diversos cursos de graduação dessa Instituição no Agreste pernambucano, com a participação do Docente que coordena este Projeto. Busca-se, a partir das temáticas trabalhadas, interagir com a realidade socioeconômica e ambiental das mesorregiões do estado de Pernambuco, onde os membros da referida comunidade acadêmica são domiciliados ou, até mesmo, com realidades em contextos mais amplos, do Brasil e do mundo (LARANJEIRA, et al., 2019, p.238).

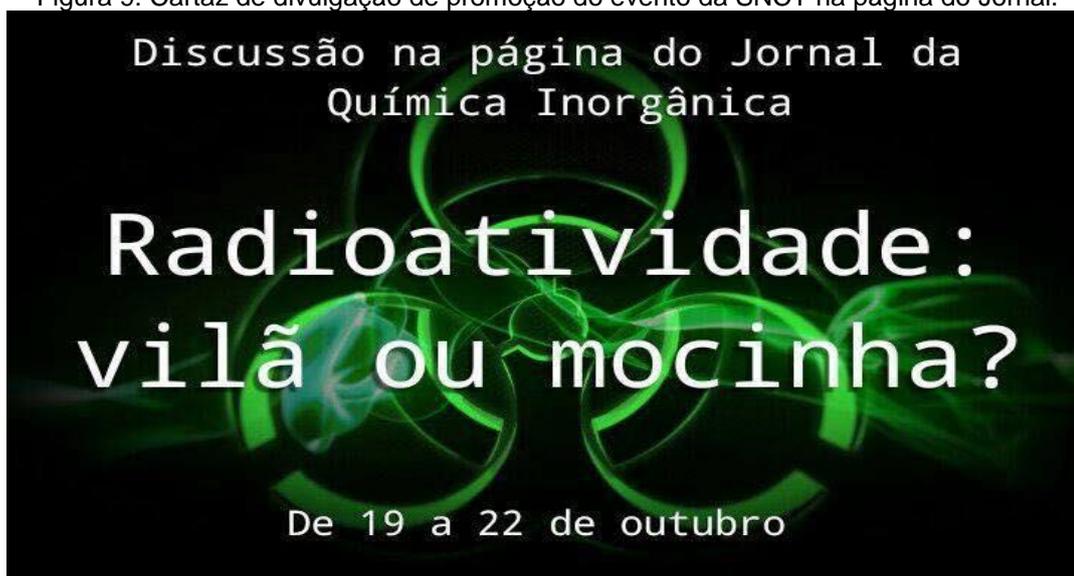
Assim, a edição “Química Nuclear através do tempo” – que pode ser acessada em <https://www.facebook.com/jornaldaquimicainorganica/posts/1200894299965367> – foi planejada e elaborada de forma voluntária e com a participação efetiva destes discentes que já haviam cursado o componente curricular “Introdução à Química Nuclear” no semestre letivo institucional 2015-2. Esta produção deixa evidente o quanto estes discentes estavam motivados e interessados na discussão sobre o contexto histórico e científico da Ciência Nuclear inclusive no âmbito da divulgação científica. Assim demonstraram autonomia e competências para a realização das atividades de divulgação científica, sem medir esforços na produção desta publicação. Conforme destacado por Kenski (2008, p.17) o ensino colaborativo não necessita se encerrar quando as atividades formais da disciplina terminarem, os discentes a partir das comunicações realizadas podem desenvolver autonomia e motivações para a realização de atividades formativas de aprendizagem coletiva.

O interesse destes discentes para elaborar esta Edição do JQI, cujas temáticas das seções estavam relacionadas com o conhecimento adquirido pelos mesmos ao longo do processo formativo em discussão, pode ser explicado por fatores motivacionais e metodológicos considerando que a motivação despertada no decorrer do processo formativo pode ter sido favorecida pelas atividades formativas dialógicas

realizadas na rede social *Facebook* e que muito provavelmente ajudou a despertar o interesse dos mesmos pela temática em discussão. Nesta mesma perspectiva Leite (2015) ressalta que a realização de atividades no *Facebook* possibilita ao estudante construir conhecimentos, individual ou coletivamente, facilitando as interações entre os participantes e com o professor e permitindo o prolongamento dos momentos de ensino e aprendizagem independentemente do tempo e espaço.

Como forma de divulgação desta edição temática do JQI os discentes propuseram também a realização de Evento na rede social *Facebook*, para discutir, assuntos de interesse do público em geral, sobre a Ciência Nuclear e suas tecnologias durante a SNCT. Assim, nos dias 19, 20, 21 e 22 de outubro de 2016, a Equipe Editorial, se revezou no atendimento das questões levantadas pelos seguidores da página do JQI (<https://www.facebook.com/jornaldaquimicainorganica>) sugerindo, através de postagens, temas motivacionais para interação com seus leitores com o intuito de divulgar os conhecimentos adquiridos deste período atuando como protagonistas neste processo de formação e divulgação científica. Os discentes escolheram o tema do evento que foi amplamente divulgado nas redes sociais do JQI e pessoais. Na Figura 9, a seguir, está reproduzido o cartaz desenvolvido pela Equipe Editorial para divulgação ampla do Evento nas redes sociais:

Figura 9: Cartaz de divulgação de promoção do evento da SNCT na página do Jornal.



Fonte: Página do JQI no *Facebook*.

No decorrer do Evento, foram realizadas atividades de divulgação científica que tinham como objetivo engajar o público nas discussões levantadas pelos seus

organizadores que se revezaram, em dias e horários, planejados antecipadamente pela Equipe, para atender as demandas do público sobre a questão posta em discussão: “Radioatividade: vilã ou mocinha?”. Dessa forma, abriu-se espaço aos seguidores do JQI para que pudessem interagir se posicionando criticamente ou apresentando suas indagações sobre o que estava sendo proposto em discussão nessas publicações. Durante o Evento os discentes também contaram com apoio e orientação do docente seja participando das discussões com o público ou tirando dúvidas demandadas pela equipe editorial.

Vale a pena destacar que estes discentes, que na época também estavam matriculados no componente curricular de estágio à docência tiveram a iniciativa, durante o planejamento do Evento, de aplicar um questionário para cerca de noventa e cinco (95) estudantes de escolas públicas do nono ano do Ensino Fundamental, em dois municípios pernambucanos, para ter ideia sobre quais temáticas relacionadas à Ciência Nuclear despertavam mais interesse nestes estudantes. Como resultado dessa preferência definiram as seguintes temáticas: “*Acidentes Nucleares, Energia Nuclear, Água Radioativa, Alimentos Irrradiados, Radioatividade Natural e Raios-x*”, na ordem decrescente das mais votadas (LARANJEIRA, et al., 2019).

Ao propor e realizar essas ações de extensão, esses discentes atuaram como protagonistas com motivação, interesse e preocupação de aprofundar seus conhecimentos para atenderem as demandas do público de forma interativa. Neste sentido se revezaram nas discussões sempre respondendo as questões, trocando opiniões ou mesmo fazendo indagações aos participantes. Neste contexto observa-se que o Docente oportunizou a estes estudantes serem atuantes e autônomos durante as atividades realizadas. Conforme comenta Guimarães e Ribeiro (2011) o professor ao abrir mão de parte do controle das atividades formativas e transferi-las para os estudantes, acaba tornando-os mais ativos e atuantes no desenvolvimento de seus conhecimentos.

Durante os dias que ocorreram a SNCT os discentes realizaram o total de vinte e cinco (25) publicações na página do *Facebook* do JQI, verificando-se, a partir dos diálogos ocorridos, que estes discentes se prepararam bastante para essa partilha de conhecimentos. Neste contexto o Docente atuou como mediador das ações ajudando quando necessário nos comentários, retirando dúvidas e fomentando a discussão com suas indagações.

Neste estudo foram selecionadas e analisadas duas destas publicações que foram planejadas e publicadas, na página do JQI no *Facebook*, pela Equipe Editorial durante este Evento na SNCT. Estas publicações estão reproduzidas nos Quadros 8 e 9, a seguir:

Quadro 8 - Publicação realizada no dia 19/10/2016 intitulada “Você tem medo da Radioatividade?”

Jornal da Química Inorgânica

19 de out de 2016 • 🌐

...

Radiação é um termo usado para designar ondas eletromagnéticas, bem como partículas em movimento rápido. Na química nuclear, es... [Ver mais](#)

VOCÊ TEM MEDO DA RADIOATIVIDADE?

Você e outras 10 pessoas

33 comentários

DESCRIÇÃO DA EQUIPE EDITORIAL: “Radiação é um termo usado para designar ondas eletromagnéticas, bem como partículas em movimento rápido. Na química nuclear, esse termo geralmente se refere à radiação emitida durante um processo nuclear (decaimento radioativo, reação nuclear, fissão nuclear, aceleradores). A esses processos, em que um núcleo de um átomo instável (radionuclídeo ou radioisótopo) se transforma liberando energia na forma de partículas ou ondas eletromagnéticas, chamamos radioatividade.

A radiação eletromagnética interage com a matéria do universo, e a vida no nosso planeta é dependente dessa radiação. A forma de radiação que nos é mais familiar é a luz solar, que consiste de radiação em uma gama de comprimentos de onda a partir do infravermelho aos raios ultravioletas. A luz solar é um exemplo de radiação natural. Além da luz solar, recebemos radiação, em pequenas doses, de outras fontes, como as que vêm da terra e do próprio ar! Contudo, há também a radiação artificial, como as usadas na medicina.

A radiação pode ser ionizante ou não ionizante. Dizemos que a radiação é ionizante quando possui energia suficiente para fazer com que os elétrons se desprendam de átomos e moléculas, alterando suas estruturas eletrônicas (processo a que chamamos ionização!). São exemplos de radiações ionizantes: a radiação gama e os raios-x. A radiação não ionizante tem menos energia do que a radiação ionizante e inclui formas como micro-ondas, ou ondas de rádio e televisão, tendo seu efeito geralmente limitado à geração de luz ou calor.

Embora já se conheçam diversos benefícios do uso consciente e responsável da radioatividade, seu uso ainda é, para muitos, algo assustador. Esse receio pode ser em parte atribuído a catástrofes como os acidentes nucleares, que, ao serem midiáticos, corroboraram para a criação de estereótipos e medos desnecessários, em relação a tecnologias que têm potencial de beneficiar, sem risco algum, toda a sociedade. “No campo da radiologia, por exemplo, o medo que se instalou

“mundo afora por conta das tragédias em Fukushima, no Japão, onde houve vazamento de material radioativo após um intenso terremoto no início deste ano [2011], prejudica a aplicação da tecnologia em outros setores”.

E você, tem medo da radioatividade? O que acha do seu uso? Por quê? ”

Fonte: Página do JQI no *Facebook*.

Ao realizar a análise do texto introdutório da Equipe Editorial nesta postagem, reproduzido no Quadro 8, é possível observar aspectos importantes sobre a radiação nuclear se referindo aos processos de “*decaimento radioativo*” (ou seja, uma transformação nuclear espontânea com mudança de um nuclídeo em outro que se denomina radioatividade). Também se referem aos processos nucleares não naturais tais como a “*fissão nuclear, reação nuclear e aceleradores*”. Mas não apresentam a diferença entre processos nucleares naturais e artificiais. Nos processos de fissão e nas reações nucleares ocorrem com o bombardeio de um núcleo-alvo com uma radiação (projétil) resultado na transmutação nuclear com a emissão de outras radiações chamadas de ejetáveis. O termo transmutação nuclear se refere a qualquer mudança de um nuclídeo em outro, seja natural ou induzida.

Também destacam a importância das radiações eletromagnéticas para a vida no nosso planeta e descrevem com propriedade a classificação das radiações eletromagnéticas em “*ionizante ou não ionizante*” em função da sua energia: “*Dizemos que a radiação é ionizante quando possui energia suficiente para fazer com que os elétrons se desprendam de átomos e moléculas, alterando suas estruturas eletrônicas (processo a que chamamos ionização!)*” citando os dois tipos de fótons ionizantes do espectro eletromagnético: raios x e gama.

Mesmo assim, a elaboração textual introdutória postada por estes discentes reflete que os mesmos aprofundaram seus conhecimentos sobre radioatividade além do modelo conceitual elaborado pelos mesmos no Grupo de discussão do componente curricular “Introdução à Química Nuclear” no semestre 2015-2 dando-lhes segurança e autonomia para repassar seus conhecimentos para o público seguidor do JQI num Evento de divulgação científica nacional.

No âmbito desta publicação foram realizados trinta e três (33) comentários, os quais a grande maioria dos participantes responderam que a radioatividade tem papel importante para a nossa sociedade apontando algumas de suas vantagens, entre elas: utilizações na medicina, na agricultura e geração de energia, ressaltando também que o risco existe quando não é respeitado as medidas de segurança

apropriadas para o manejo. No decorrer da atividade os discentes da Equipe Editorial participaram ativamente nessa discussão, fomentando os debates por meio da realização de perguntas aos seguidores, conseguindo discutir com propriedade e complementando as ideias apresentadas. O Quadro 9 a seguir apresenta a segunda publicação realizada neste Evento e que foi selecionada para análise e discussão neste estudo:

Quadro 9 – Publicação realizada no dia 19/10/2016 intitulada “Você comeria um alimento irradiado?”



Fonte: Página do JQI no *Facebook*.

Nesta publicação a Equipe Editorial iniciou a discussão sobre o uso da radiação ionizante para a irradiação de alimentos com o seguinte questionamento para os leitores do JQI: “*Você comeria um alimento irradiado?*” mas sem apresentar qualquer descrição antecipada sobre este processo, ou seja, iniciando a discussão a partir do conhecimento prévio do público sobre a tecnologia da irradiação dos alimentos, seus fundamentos e vantagens para a sociedade.

Essa postagem gerou um número significativo de comentários – oitenta e seis (86) – os quais em sua maioria continham respostas ressaltando as vantagens do uso da irradiação de alimentos contribuindo para a segurança alimentar e ampliando o tempo de conservação dos alimentos que passaram pelo processo de irradiação. O comportamento dos discentes envolvidos na discussão com o público nesta

publicação, assim como na primeira, favoreceu a interação dialógica com os seguidores, nesta rede social, observando-se que a grande quantidade dos comentários nesta publicação foi respondida pela Equipe Editorial abrindo espaço para que os participantes se sentissem à vontade em expor suas opiniões e dúvidas. Conforme comenta Vagula (2014) os trabalhos com as redes sociais indicam possibilidades pedagógicas que contribuem qualitativamente para a aprendizagem nesses ambientes virtuais, os quais é necessário ocorrer durante o planejamento das atividades propor situações que provoquem a aprendizagem, por meio de questionamentos desenvolvidos de forma inteligente que busquem a realização de interações entre os participantes.

No Quadro 10, a seguir, estão reproduzidos os diálogos construídos entre o público e a Equipe Editorial numa dessas discussões sobre irradiação de alimentos. A partir desta discussão dialógica é possível observar como os discentes analisados compartilhavam seus conhecimentos com o público em geral. O número entre parêntese apresentado junto com a identificação dos participantes refere-se à sequência de postagens na publicação na página do JQI durante o Evento, no dia 19/10/2016.

Quadro 10 - Discussão realizada entre a equipe editorial do JQI com os seguidores na SNCT (2016).

- Seguidor S(1) - "Sim. Apesar do nome parecer danoso, o ato consiste em submeter alguns alimentos a alterações nas suas composições, como é o caso de algumas frutas que ganham propriedades mais higiênicas e duram mais tempo."
- **Equipe editorial (1) - "Quando você fala alterações na composição dos alimentos você entende que ocorre alterações na natureza química do alimento nesse processo?"**
- Seguidor S(2) - "Sim. Suas propriedades químicas não são as mesmas dos alimentos que não passam por esse procedimento, assim como podem ser feitas alterações para que elas pareçam mais atraentes visualmente."
- **Equipe editorial (2) - "A dose da radiação, que é específica para cada tipo de alimento, não deve promover alterações químicas no alimento."**
- **Equipe editorial (3) - "Qual seria a vantagem do uso da irradiação na cultura do morango?"**
- Seguidor S(3) - "A vantagem seria prolongar seu tempo de maturação, eu suponho. "
- Seguidor S(4) - "Se não promove alteração química, que tipo de alteração ocorre nesses alimentos? "
- **Equipe editorial (4) - "A irradiação nos alimentos tem a função de diminuir a germinação ou eliminar bactérias que contaminam os alimentos e, diferente do que a maioria da população imagina, a irradiação não altera as propriedades dos alimentos, isso quando também respeitado o limite de dose de radiação para cada"**

alimento. Portanto a finalidade principal e de conservação (maior durabilidade e, portanto, menor desperdício) e higienização (segurança alimentar)."

Fonte: Autoria própria.

A partir da análise da discussão realizada no Quadro 10, é possível observar que os discentes, quando parte da Equipe Editorial, proporcionaram respostas com propriedade, mostrando domínio do tema que estava sendo tratado, permitindo sanar as dificuldades nas compressões apresentadas por esse seguidor com respostas didáticas e de fácil assimilação favorecendo a compreensão de todos sobre esta tecnologia. Vale ser ressaltado que a publicação seguinte a essa, também foi sobre o processo de irradiação, mas diferentemente da primeira, buscou, conforme destacado por Laranjeira, et al. (2019), disponibilizar aos seguidores do JQI, informações que contribuíssem para ampliar o conhecimento dos usuários sobre o processo de irradiação de alimentos, por meio de um texto introdutório e a disponibilização de referenciais teóricos confiáveis para melhor assimilação do tema discutido. E ainda, conforme considerações do mesmos Autores:

O empenho da Equipe Editorial, cujos membros se revezaram numa escala temporal para que as indagações e as discussões estabelecidas durante o Evento tivessem um retorno imediato na página do Jornal, bem como o teor das respostas dos participantes sinaliza que os mesmos encararam com seriedade a proposta deste evento dentro da programação da SNCT- 2016, uma vez que estes participantes apresentaram argumentos válidos e próprios para a discussão, bem como questionamentos sobre determinados pontos que ainda permaneciam pouco esclarecidos para os mesmos (LARANJEIRA, et al., 2019, p.246).

Também, uma última e não menos importante atividade desenvolvida por estes mesmos discentes foi a elaboração de um trabalho completo submetido e apresentação no XIX Encontro Nacional de Ensino de Química, realizado de 16 a 19 de julho de 2018 (ENEQ-2018), intitulado "*Jornal da química inorgânica: uma estratégia de alfabetização científica*". Tal obra foi resultado da participação destes discentes no desenvolvimento das ações desse Projeto de Extensão JQI, sendo de grande importância para ampliar a formação e experiência dos mesmos na participação e publicação de trabalhos completos em eventos científicos.

Portanto, a maturidade educacional e a autonomia desenvolvida por esses discentes, assim como outras competências humanas, foram sendo construídas gradativamente, na medida em os mesmos se relacionaram com seus pares, com o

Docente e com as pessoas, de uma forma ativa e reflexiva, fazendo uso da TIC. Como resultado planejaram e realizaram atividades de produção e divulgação científica e com o desenvolvimento de publicações nos anais do XIX ENEQ (2018) e no Jornal da Química Inorgânica sendo também protagonistas das ações de extensão na SNCT (2016) podendo-se concluir as discussões realizadas nessa rede social influenciaram positivamente estes participantes motivando-os para a realização de atividades de ensino e aprendizagem.

6 CONCLUSÕES

Buscou-se nesse trabalho compreender de que forma a rede social *Facebook* contribuiu para a realização de propostas de ensino e aprendizagem sobre o fenômeno da Radioatividade.

Mediante os resultados encontrados, foi possível conhecer o nível inicial de aprofundamento conceitual dos discentes sobre a radioatividade. Com isso, observou-se que os estudantes possuíam algumas falhas e desconheciam algumas especificidades desse fenômeno que puderam ser sanadas ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Além de que foi perceptível observar que o *Facebook* pode ser utilizado como recurso didático durante as atividades formativas de ensino e aprendizagem a partir de discussões histórico-conceituais dos fenômenos radioativos e, em tempo real, que auxiliaram tanto os discentes quando o docente.

As facilidades das tecnologias digitais proporcionaram uma diversidade de interações dialógicas realizadas entre os participantes desse estudo e dos mesmos com o Docente responsável pelo processo formativo e o público, nas atividades de extensão, com muitas reflexões benéficas para a formação educacional dos discentes por meio de levantamento de hipóteses ao concordar e discordar dos comentários realizados.

Constatou-se também a maturidade dos discentes que se propuseram a conhecer possibilidades educativas desenvolvidas no *Facebook*, os quais não mediram esforços para a realização das atividades de divulgação científica fora dos ambientes formais de ensino e aprendizagem, possibilitando apresentar os resultados dos estudos sociedade, em geral e acadêmica, sendo movidos pela motivação e desenvolvendo autonomia para a realização de tais atividades.

Podendo ser concluído a partir dos resultados obtidos nessa pesquisa que as redes sociais, em especial o Facebook pode proporcionar ao processo de ensino e aprendizagem o desenvolvimento de propostas didáticas que proporcionem aos participantes realizar atividades de forma virtual, interagindo e desenvolvendo conhecimentos histórico e conceitual a partir desses diálogos adquirir conhecimentos.

Tais atividades desenvolvidas só foram realizadas pois tanto os discentes quanto o docente se permitiram experimentar tais metodologias, realizando discussões benéficas para o entendimento dos conteúdos em debate, além de que o

papel de mediador e facilitador das discussões que o professor teve, foi crucial para essa ocorrência.

Portanto, acredita-se que a rede social *Facebook* pode ser uma ótima escolha para a realização de atividades, e espera-se que o seu uso educacional possa ser mais utilizado em atividades formativas e também para a realização de divulgação científica, permitindo propagar a ciência a um número maior de pessoas.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_s ite.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2021.
- CEMBER, H.; JOHNSON, T. Introduction to health physics. 4. ed. United States: McGraw-Hill Companies, 2008.
- CORTEZ, J. **O LEGADO DE MADAME CURIE: Uma abordagem CTS para o ensino da Radioatividade**. 2014.
- EICHLER, M.L.; CALVETE, M.H. E T.DM. SALGADO. **Módulos Para o Ensino de Radioatividade**. Porto Alegre: Área de Educação Química. (1997).
- FACEBOOK. Facebook for business. Disponível em: <<https://www.facebook.com/business/marketing/facebook#>>. Acesso em 10/02/2021.
- GIL, C. A. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª edição, Editora Atlas, São Paulo, 2008.
- GONÇALVES, Odair Dias; ALMEIDA, Ivan Pedro S. de. A energia nuclear. **Ciência hoje**, v. 37, n. 220, p. 36-44, 2005.
- GUIMARÃES, A.M.; RIBEIRO, A.M. **Tecnologias educacionais**. Pro-Reitoria de graduação da UFMG. Editora UFMG. 2011.
- IAEA ENSDF - Live chart of nuclides nuclear structure and decay data. Disponível em: <<https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>>. Acesso em: 06/08/2021.
- INTERNET WORLD STATS – Usage and population statistics.The telecom reports. Disponível em: <<https://www.internetworldstats.com/stats.htm>>. Acesso em: 18 de abril de 2021.
- INTERNET WORLD STATS – Usage and population statistics.The telecom reports. Disponível em: <<https://www.internetworldstats.com/south.htm#br>>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2021.
- JULIANI, D.P.; JULIANI, J.P.; SOUZA, J.A.; BETTIO, R.W. Utilização das redes sociais na educação: guia para o uso do Facebook em uma instituição de ensino superior. **Renote**, v. 10, n. 3, 2012.
- LARANJEIRA, J.M.G.; BEZERRA, M.S.; CARVALHO, L.P.; BARBOSA, J.D.S.; SILVA, W.D.A.B.; SILVA, J.R. Ciência Nuclear através do tempo. **Jornal da Química Inorgânica**. 2016.

LARANJEIRA, J.M.G.; BEZERRA, M.S.; CARVALHO, L.P.; BARBOSA, J.D.S.; SILVA, W.D.A.B.; SILVA, J.R. **Jornal da química inorgânica: uma estratégia de alfabetização científica**. Scientia Naturalis, v. 1, n. 2, p. 235-248, 2019.

KENSKI, V.M. Novos processos de interação e comunicação no ensino mediado pelas tecnologias. Universidade de São Paulo. Faculdade de educação – FEUSP. 2008.

LEITE, B.S. **Tecnologias no Ensino de Química - Teoria e prática na formação docente**. 1. ed. Editora Appris. 2015.

LEVICOY, D.D. TIC en educación superior: Ventajas y desventajas. **Educación y tecnología**, ISSN-e 0719-2495, Nº. 4, 2013, págs. 44-50.

MARGARITONGO, G. FROM BECQUEREL TO NANOTECHNOLOGY: ONE CENTURY OF DECLINE OF SCIENTIFIC DISSEMINATION, PUBLISHING AND TECHNOLOGY TRANSFER*. **Modern Physics Letters B**, v. 24, n. 12, p. 1151-1163, 2010.

MARTINS, R, A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, p. 27-45, 1990.

MEDEIROS, A. M. Tipologias da Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais. Sabedoria Política. Disponível em: <<https://www.sabedoriapolitica.com.br/products/tipologias-da-pesquisa-em-ciencias-humanas-e-sociais/>>. 2017.

MINAYO, M.C.S.; Pesquisa social: teoria, método e criatividade. 28. Ed. Capítulo 1 – **O Desafio da Pesquisa Social**. Editora Vozes, Petrópolis, RJ, 2009.

NAGY, S. **Timeline: Subatomic Concepts, Nuclear Science & Technology**. Disponível em: < <http://nagysandor.eu/nuklearis/timeline/> >. Acesso em 04/04/2021.

OKUNO, E.; YOSCHIMURA, E. **Física das Radiações**. Oficina de Textos. São Paulo. 2010.

SABOL, J.; WENG, P.S. **Introduction to radiation protection dosimetry**. Singapore: Word Scientific, 1995.

SANTOS, C.F.R. **Tecnologias de informação e comunicação**. Unicentro Paraná. Disponível em: <<http://repositorio.unicentro.br:8080/jspui/bitstream/123456789/830/5/Tecnologias%20de%20informa%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. 2014.

SCHERER, A.S.; FARIAS, J.G. Uso da Rede Social Facebook como Ferramenta de Ensino-aprendizagem em Cursos de Ensino Superior. **Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância**, v. 17, n. 1, 2018.

SILVA, F.S.; SERAFIM. Redes sociais no processo de ensino e aprendizagem: com a palavra o adolescente. **Teorias e práticas em tecnologias educacionais**, p. 67, 2016.

SOUZA, A.A.N.; SCHNEIDER, H.N. Aprendizagem colaborativa nas redes sociais: novos olhares sobre a prática pedagógica. In: **II Congresso Internacional TIC e Educação**. 2012.

TAUHATA, L.; SALATI, I.P.A.; PRINZIO, R.D.; PRINZIO, A.R.D. **Radioproteção e dosimetria: fundamentos**. 5a ed. Rio de Janeiro: IRD/CNEN; 2003.

VAGULA, E. Redes sociais e colaboração: o uso do Facebook como ferramenta de aprendizagem no parfor. **Caderno de Trabalhos Completos da Xamped Sul. Eixo**, 2014.

VEIGA, M.S.; MELO, M.R.S. Desafios do professor diante das Tecnologias de Informação e Comunicação. **Multiciência online**. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santiago. ISSN 2448-4148 .2016.

VIDAL, E.M.; MAIA, J.E.B. **A rede mundial de computadores: a internet**. INTRODUÇÃO À EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. 2020.