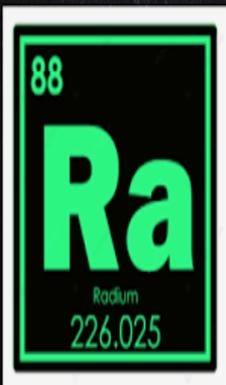


Mitze Fernandes Garcez

SEQUÊNCIA DIDÁTICA:

Radioatividade para o Ensino Fundamental através de Metodologias Ativas



MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE MATEMÁTICA, ESTATÍSTICA E FÍSICA - IMEF
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

POLO 21

Rio Grande
2025

Sequência Didática: Radioatividade para o Ensino Fundamental através de Metodologias Ativas

Mitze Fernandes Garcez

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: A Radioatividade no Ensino Fundamental através de Metodologias Ativas, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 21 – FURG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dr^a Agueda Maria Turatti

Rio Grande

2025

Ficha Catalográfica

G215s Garcez, Mitze Fernandes.

Sequência didática : radioatividade para o ensino fundamental através de metodologias ativas [Recurso Eletrônico] / Mitze Fernandes Garcez, Agueda Maria Turatti. –

Rio Grande, RS: [FURG], 2025.

35 f. : il. color.

Produto Educacional da Dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Polo 21 – FURG, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, sob a orientação da Dra. Agueda Maria Turatti.

Disponível em: <https://ppqmnpef.furg.br>
<http://repositorio.furg.br/>

1. Radioatividade. 2. Educação. 3. Ensino fundamental. 4. Sequência didática. 5. Jogos didáticos. I. Turatti, Agueda Maria. II. Título.

CDU 539.16:37.046.12

Catálogo na Fonte: Bibliotecária Sabrina Vaz da Silva CRB 10/2243

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	4
2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	5
2. 1 AULA 1.....	7
2. 1. 1 Atividade 1 - construção da nuvem de palavras.....	7
2. 1. 2 Atividade 2 - Preparação dos seminários.....	7
Objetivo.....	7
2. 1. 3 TEXTOS GUIA.....	8
2. 2 AULA 2.....	25
2. 3 AULA 3.....	25
2. 3. 1 Atividade 1 - Jogo de tabuleiro.....	25
2. 3. 2 Atividade 2 - Recriando a nuvem de palavras.....	32
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1. APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é composto por uma sequência didática para ser utilizada nas aulas de Ciências da Natureza no 9º ano do ensino fundamental com o tema radioatividade. A temática foi abordada utilizando duas metodologias ativas: seminários apresentados pelos alunos e o uso de um jogo de tabuleiro.

Esta sequência didática traz uma proposta que inicia com uma atividade para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema através da criação de uma nuvem de palavras. Propõe temas para seminários, disponibilizando textos guia com esses temas para que até mesmo escolas sem recursos de informática ou internet possam realizá-los. Apresenta também um jogo de tabuleiro contendo perguntas e curiosidades sobre os temas propostos para os seminários para ser impresso e aplicado com os alunos. Para finalizar, propõe uma nova nuvem de palavras com os alunos e uma discussão sobre as mesmas, comparando com a nuvem de palavras inicialmente obtida.

Sugere-se que a presente sequência didática seja utilizada após os estudantes terem estudado conteúdos como átomo, íons e que tenham claro a diferença entre radiação e radioatividade (esta última pode ser realizada antes das apresentações dos seminários ou após a apresentação do primeiro grupo do seminário que tem esse tema).

Este produto educacional também pode ser utilizado em partes, tal como a atividade inicial e final, caso o (a) professor (a) escolha em apresentar a temática de outra maneira, assim como só utilizar apenas os temas para seminários ou apenas o jogo didático, podendo ser adequado conforme a necessidade do (a) professor (a) que está trabalhando a temática.

Este trabalho contou com incentivo e apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio do código de financiamento 001, os quais foram fundamentais para sua realização.

2. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Unidade temática: Matéria e energia

Objeto do conhecimento: Radiações e suas aplicações na saúde

Objetivo Geral

→ Compreender os conceitos fundamentais da radioatividade, seus impactos no cotidiano e sua importância para a ciência e a tecnologia, promovendo um aprendizado crítico e contextualizado.

Objetivos específicos

- Conceituar radioatividade;
- Diferenciar os tipos de radiação ionizantes e suas características;
- Conhecer aplicações da radioatividade;
- Analisar os riscos do uso de radiação ionizante;
- Interpretar informações sobre o tema de forma fundamentada;
- Desenvolver pensamento crítico e científico.

Uma sequência didática é a maneira estruturada e contínua de ações e procedimentos para abordar determinado tema. Essa estruturação deve iniciar apresentando o que será estudado, carecendo de uma produção diagnóstica onde o professor adapta as atividades posteriores conforme a realidade da turma. Finalizando com uma produção final onde os alunos colocam em prática os conhecimentos adquiridos e serve também para avaliação (Araújo, 2013 apud Dolz et al. 2004).

A sequência didática produzida para este produto educacional se baseou nessas linhas de ações, diferenciando apenas que as atividades posteriores a produção diagnóstica não foi pensada após ter o resultado desta, isso ocorreu porque esta foi pensada para as turmas que seriam aplicadas, uma das turmas

eram alunos da professora/pesquisadora pelo terceiro ano consecutivo e a outra por dois anos consecutivos.

Ressalvo que é muito importante que professores antes de aplicar qualquer prática pedagógica conheçam seus alunos, nesse caso as turmas participantes já tinham estudado sobre átomos, íons e tinham o hábito de fazer trabalhos de pesquisa e apresentação, por isso que também é sugerido que ao abordar a temática os professores possam também utilizar alguma atividade individualizada proposta por essa sequência didática sem precisar a pôr em prática por completo.

A sequência didática proposta pode ser vista de forma resumida no quadro 1, onde cada período corresponde ao tempo de 55 minutos. Contudo, temos que ter ciência que a duração das atividades pode variar, professores de escolas que disponham de sala de informática podem disponibilizar mais períodos para os alunos pesquisarem para complementar as informações presentes nos textos guias. Se os alunos tiverem condições de se reunirem no turno inverso, em casa ou na escola, para a fazer a leitura, pesquisa e produzirem suas apresentações, isso pode diminuir o tempo necessário de aula, caso contrário precisará de mais tempo para eles produzirem e ensaiarem suas apresentações orais.

Quadro 1 - quadro resumo da sequência didática

Sequência Didática	Atividades desenvolvidas	Duração
Introdução do tema e preparação para os seminários	<ul style="list-style-type: none"> - Construção de nuvens de palavras. - Sorteios dos grupos e dos temas - Distribuição dos textos guias, tempo para os alunos lerem e se organizarem para apresentarem o tema. 	2 períodos
Apresentação dos seminários	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação dos temas pelos alunos. 	2 períodos
Jogo de tabuleiro e avaliação das atividades	<ul style="list-style-type: none"> - Jogo de tabuleiro que contempla todos os temas apresentados pelos alunos. - Produção de uma nuvem de palavras depois de todas as atividades finalizadas. 	2 períodos

Fonte: A autora

2. 1 AULA 1

2. 1. 1 Atividade 1 - construção da nuvem de palavras

Objetivo Geral

Apresentar o tema que será estudado para os alunos e fazer uma avaliação diagnóstica geral.

Objetivos específicos

Permitir que os alunos relacionem o tema com palavras que já conhecem;
Identificar os termos mais relevantes citados pelos alunos sobre radioatividade;
Identificar o nível de proficiência dos alunos.

Desenvolvimento

Distribuir um pedaço de papel para cada aluno, pedir para que escrevam palavras que relacionam a radioatividade (escrever a palavra “radioatividade” no quadro e pedir para que eles façam individualmente), dar um tempo para os alunos escreverem.

Com as respostas dos alunos criar uma nuvem de palavras, uma lista ou um cartaz, que será utilizado para comparar com a atividade final.

2. 1. 2 Atividade 2 - Preparação dos seminários

Objetivo

Aprofundar conhecimentos sobre o tema.

Objetivos específicos

Realizar uma pesquisa abrangente e fundamentada;
Utilizar uma variedade de fontes confiáveis;
Interpretar textos, imagens e dados de forma autônoma.

Desenvolvimento

Dividir a turma em grupos que contemplem os cinco temas dos textos guia e sortear um tema por grupo:

Tema 1: Radiação e radioatividade

Tema 2: Alguns fatos históricos relacionados à radioatividade

Tema 3: Acidentes radioativos

Tema 4: Aplicações da radiação ionizante

Tema 5: Desvantagens do uso da radiação ionizante

Distribuir os textos para os grupos para lerem e definirem como vão apresentar o conteúdo do seu texto para os colegas, eles também poderão fazer pesquisa na internet para complementar, o (a) professor (a) deve dar assistência para os grupos durante a preparação para a apresentação, assim como revisar o material produzido.

2. 1. 3 TEXTOS GUIA

Tema 1: Radiação e Radioatividade

Radiação é a emissão e propagação de energia por meio de ondas eletromagnéticas ou partículas, podendo ter origem natural ou artificial. Quando essa radiação possui energia suficiente para ionizar átomos, é chamada de ionizante; caso contrário, é considerada não ionizante. A radioatividade, por sua vez, é a capacidade que certos elementos químicos têm de emitir espontaneamente radiações ionizantes a partir de núcleos atômicos instáveis.

Radiação não ionizante

Ela não tem a capacidade de remover elétrons de um átomo por ter baixa frequência e baixa liberação de energia, entretanto, conseguem mover os átomos ou fazê-los vibrar.

São exemplos de radiações não ionizantes: Ondas de rádio, Micro-ondas, Infravermelho, Luz visível, Ultravioleta.

Radiação ionizante

Tem a capacidade de produzir íons ao arrancar elétrons de um átomo. Por possuir maior energia, você pode separar elétrons de outros átomos ou ioniza-los à medida que penetram na matéria.

As radiações ionizantes se dividem em dois grupos principais: as de natureza corpuscular (particuladas) e as de natureza ondulatória (eletromagnéticas), conforme exemplificado a seguir.

Radiações Ionizantes de Partículas

Radiação Alfa (α) - Partículas formadas por 2 prótons e 2 nêutrons (núcleo de hélio). Baixo poder de penetração, mas alto poder de ionização. Pode ser bloqueada por uma folha de papel ou pela pele.

Radiação Beta (β) - Elétrons (β^-) ou pósitrons (β^+) emitidos por núcleos instáveis. Médio poder de penetração, ioniza menos que a alfa. Pode ser bloqueada por uma lâmina fina de alumínio.

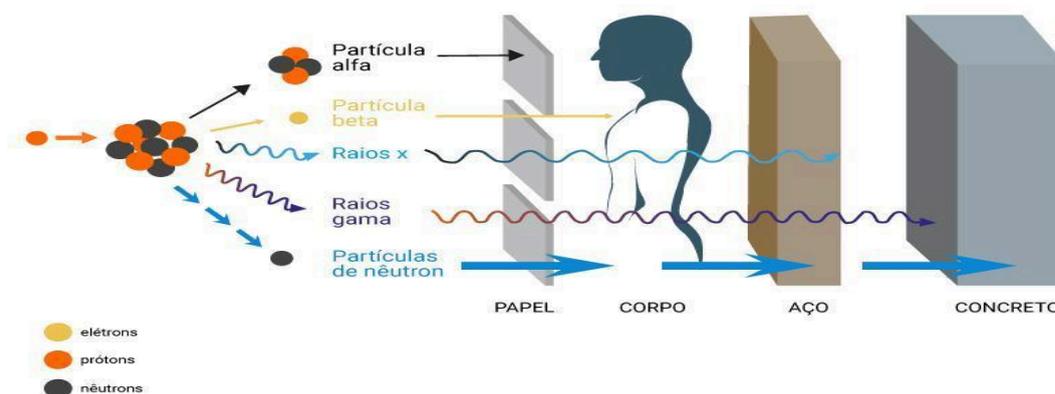
Radiação de Nêutrons - Nêutrons livres emitidos em reações nucleares, como fissão. Altíssimo poder de penetração, não possuem carga elétrica. Exigem materiais espessos como água ou concreto para bloqueio. Podem tornar outros materiais radioativos (ativação nuclear).

Radiações Ionizantes Eletromagnéticas

Raios X - Onda eletromagnética de alta energia. Produzida artificialmente em aparelhos de raios X. Usada para diagnósticos médicos. Penetração moderada a alta, dependendo da energia.

Raios Gama (γ) - Onda eletromagnética de altíssima frequência e energia. Emitida por núcleos radioativos em decaimento. Maior poder de penetração entre todas as radiações. Requer barreiras espessas de chumbo ou concreto.

Figura 1 - Poder de penetração dos tipos de radiação



Fonte: <https://www.profpc.com.br/radioatividade.htm>

⚠ Atenção!

É muito importante não confundir:

✓ Toda radioatividade gera radiação ionizante.

Mas...

✗ Nem toda radiação ionizante vem da radioatividade!

Exemplo: Raios X usados em exames médicos são ionizantes, mas não vêm de átomos radioativos.

💡 Dica para lembrar:

"Se vem do núcleo de um átomo instável, é radioatividade.

Se só ioniza, mas não vem do núcleo, é só radiação ionizante!"

Decaimento radioativo

À medida que a radiação é emitida, o átomo tem seus núcleos rompidos, o que resulta na sua transformação, pois é o número atômico que determina o elemento químico.

No decaimento radioativo há a diminuição da atividade radioativa e o tempo que essa desintegração do elemento leva para reduzir a sua massa pela metade é chamado de meia vida ou período de semi desintegração.

Um exemplo de desintegração nuclear:

O isótopo Urânio (U- 238) é desintegrado quando seu núcleo se rompe. Na etapa inicial da reação é produzido Tório (Th-234), em seguida este também se desintegra produzindo Protactínio (Pa-234). A desintegração continua até completar 14 etapas e produzir o produto final: Chumbo (Pb-206). O Chumbo é estável e não se desintegra, o processo é então finalizado.

Figura 2 - Desintegração do isótopo de Urânio

Tipo de radiação		Elemento	Meia-vida
α		Urânio-238	4,5 bilhões de anos
β		Tório-234	24,1 dias
β		Protactínio-234	1,17 minutos
α		Urânio-234	245 mil anos
α		Tório-230	8 mil anos
α		Rádio-226	1600 anos
α		Radônio-222	3,8 dias
α		Polônio-218	3,1 minutos
β		Chumbo-214	26,8 minutos
β		Bismuto-214	19,7 minutos
β		Polônio-214	0,0002 segundos
α		Chumbo-210	22,3 anos
β		Bismuto-210	5,0 dias
β		Polônio-210	138,4 dias
α		Chumbo-206	Estável

Fonte: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/>

Referências:

BATISTA, Carolina. Radiação: o que é, tipos e para que serve. Toda Matéria, [s.d.]. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/radiacao/>. Acesso em: 17/10/2023 .a

BATISTA, Carolina. Radioatividade: o que é, tipos, leis e exercícios. Toda Matéria. disponível em: <https://www.todamateria.com.br/radioatividade/>. Acesso em: 17/10/2023. b

CARDOSO, Eliezer de Moura; COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (Brasil); ALVES, Ismar Pinto. Radioatividade: apostila educativa [recurso eletrônico]. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2004. Disponível em: <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/5363>. Acesso em: 21 jun. 2023.

SOUZA, Liria Alves. Decaimento Radioativo. Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica>. Acesso: 18/10/2023.

Tema 2: Alguns fatos históricos relacionados à radioatividade

Trechos extraídos do artigo Marcos da história da radioatividade:

A descoberta dos Raios X

Na noite de 8 de novembro de 1895, o físico alemão Wilhelm C. Röntgen trabalhava em uma sala totalmente escura, utilizando uma válvula com a qual estudava a condutividade dos gases. A certa distância da válvula, havia uma folha de papel tratada com platinocianeto de bário usada como tela. Röntgen viu com espanto a tela brilhar, emitindo luz. Achou que esta luz não poderia ser proveniente da válvula, pois a mesma estava coberta por uma cartolina negra e nada (luz ou raio catódico) poderia ter vindo dela. Surpreso, fez várias investigações. Virou a tela, expondo o lado sem o revestimento de platinocianeto de bário, e esta continuava a brilhar. Colocou diversos objetos entre a válvula e a tela e viu que todos pareciam transparentes, mas não demorou a ter uma surpresa maior, quando sua mão escorregou em frente à válvula e viu seus ossos na tela. Registrou em chapas fotográficas suas observações e só então teve certeza de que estava diante de algo novo. Em 28 de dezembro de 1895, Röntgen entregou à Sociedade Físico-Médica de Wurzburg, Alemanha, um relatório preliminar de sua descoberta, descrevendo as pesquisas que fizera nas sete semanas anteriores: os objetos tornavam-se transparentes diante dos novos raios que, por serem desconhecidos, chamou-os de raios-X. Em 1901, Röntgen foi laureado com o primeiro Prêmio Nobel de Física. Mais recentemente, seu nome foi dado ao novo elemento 111.

A descoberta da radioatividade: as partículas α (alfa), β (beta) e γ (gama)

Antoine H. Becquerel, membro de uma família de quatro gerações de físicos de renome, tinha grande interesse pelas áreas de fosforescência e fluorescência moleculares. A descoberta de Röntgen o levou a fazer observações para verificar se substâncias fosforescentes ou fluorescentes emitiam raios-X. Seus primeiros resultados foram negativos. Com experimentos adicionais utilizando urânio,

Becquerel chegou à conclusão de que a radiação penetrante era originária do próprio elemento e não tinha relação com o fenômeno da fluorescência. Esta radiação, que inicialmente ficou conhecida como raios de Becquerel, foi chamada de radioatividade pela polonesa Marie S. Curie, em 1898, e logo passou a ser investigada por importantes nomes da época, tais como J. J. Thomson, e também por vários cientistas em começo de carreira.

Dessa forma, em 1900, pouco tempo após as descobertas de Becquerel, o físico neozelandês Ernest Rutherford e o físico francês Pierre Curie identificaram, de forma independente e quase simultaneamente, dois tipos distintos de emissões oriundas dos elementos radioativos. Essas radiações foram denominadas de partículas alfa (α) e beta (β). No mesmo ano, o físico francês Paul U. Villard identificou outra espécie de radiação eletromagnética, que também era emitida por esses elementos, que denominou radiação gama (γ).

Em 1903, Rutherford propôs a existência do núcleo atômico e verificou-se posteriormente que a radioatividade, com suas emissões α , β e γ , era um fenômeno que ocorria com os núcleos instáveis de alguns elementos químicos. Este fenômeno ficou conhecido como decaimento radioativo, onde os átomos do elemento original eram eventualmente transformados em novos elementos. Também foi descoberto que a velocidade do decaimento por unidade de massa é fixa para qualquer radioelemento específico, não dependendo de sua composição química ou de seu estado físico; porém, varia drasticamente de um radioelemento para outro. O decaimento poderia ser expresso em termos de tempo de meia-vidas, que é o tempo que leva para a atividade de um radioelemento decair à metade do seu valor original. [...]

As descobertas de novos elementos radioativos

Em 1895, a polonesa Marya Sklodowska, que já adotara o nome francês Marie, casou-se com Pierre Curie. Aparecia assim, para o mundo científico, o casal Curie, dois dos pesquisadores mais notáveis de todos os tempos. À procura de um tema para sua tese de doutorado, Marie interessou-se profundamente pelos trabalhos do físico Antoine H. Becquerel. Marie e Pierre Curie começaram então a

pesquisar de onde eram provenientes as radiações observadas por Becquerel no minério de urânio. Para isso, instalaram, em um lugar úmido da Escola de Física e Química em Paris, alguns instrumentos de detecção, incluindo alguns construídos por Pierre e seu irmão, Jacques. Usando um eletroscópio e, mais tarde, o seu novo piezo eletrônico, o casal Curie conseguiu medir tais radiações, afirmando que eram uma propriedade intrínseca do elemento urânio. Sua intensidade era proporcional à quantidade de urânio presente na substância, não dependendo da combinação química, da fase de agregação, nem das condições exteriores.

O casal Curie descobriu ainda que o urânio não era o único elemento que apresentava essa propriedade. Os sais de tório emitiam radiações semelhantes.

Como resultado de todo esse longo trabalho, iniciado pelo físico alemão Röntgen, que teve prosseguimento com os trabalhos de Becquerel e de Pierre e Marie Curie, nasceu o estudo do fenômeno da radioatividade. Por suas descobertas, Becquerel, Pierre e Marie Curie foram laureados com o prêmio Nobel de Física em 1903.

Pierre e Marie Curie foram ainda mais longe: em uma comunicação à Academia de Ciências, em 12 de abril de 1898, anunciaram que a *pechblenda*, um minério contendo óxido de urânio - era bem mais radioativa que o urânio metálico isolado. Isso significava que o minério continha, além do urânio, outro elemento radioativo. Conseguiram do governo austríaco uma tonelada de *pechblenda*, proveniente das minas de Joachimsthal e, em julho de 1898, anunciaram que haviam conseguido isolar da *pechblenda* um metal que, na tabela periódica, seria vizinho do bismuto. Em homenagem à pátria de Marie, este novo elemento foi chamado de polônio. No final do mesmo ano, anunciaram a descoberta de outro elemento radioativo isolado da *pechblenda*, o rádio.

Marie Curie passou mais quatro anos trabalhando com a *pechblenda*, até conseguir isolar uma quantidade significativa de rádio, determinar a massa atômica (226) e algumas de suas propriedades, como o fato de ser 1,4 milhões de vezes mais radioativo que o urânio. Em 1911, recebeu seu segundo Nobel, agora de Química, por essas últimas descobertas.

Pierre Curie morreu, tragicamente, em 1906, após ter sido atropelado. Marie Curie morreu de leucemia com 67 anos, em 4 de julho de 1934, provavelmente vítima das radiações a que ficará exposta durante grande parte de sua vida.

A descoberta da radioatividade artificial

Em janeiro de 1934, o casal Irène Curie e Frédéric Joliot, filha e genro de Marie Curie, respectivamente, descobriram a radioatividade artificial. Através do bombardeamento de uma folha de alumínio-27 com partículas α , observaram a criação de um novo isótopo radioativo, ou radioisótopo, o fósforo-30. Este experimento mostrou ser possível fabricar radioisótopos que não existiam na natureza, através do bombardeamento de um núcleo estável. Por esta descoberta, foram laureados em 1935 com o prêmio Nobel de Química.

A descoberta da fissão nuclear

Por volta de 1934, o físico italiano Enrico Fermi notou que o bombardeamento do núcleo de certos átomos com nêutrons de velocidade moderada fazia com que o núcleo capturasse o nêutron. Isso levou Fermi a concluir que o bombardeamento do urânio ($Z=92$) com nêutrons moderados deveria produzir elementos transurânicos ($Z>92$), até então desconhecidos. Ele e sua equipe fizeram algumas experiências nesse sentido, sem isolar nenhum elemento novo.

Realizando experiências similares, os químicos Otto Hahn e Fritz Strassmann, em 1938, detectaram a presença de bário ($Z=56$), após o bombardeamento do urânio com nêutrons moderados. A explicação para o fato foi dada por uma cientista da equipe, a física austríaca Lise Meitner, e por seu sobrinho, o físico Otto R. Frisch: "O núcleo do átomo de urânio é instável e, ao ser bombardeado com nêutrons moderados, rompe-se praticamente ao meio, originando dois núcleos de massa média e liberando 2 ou 3 nêutrons, além de mais energia". A esse fenômeno foi dado o nome de fissão nuclear.

(XAVIER, A. M. et al. **Marcos da história da radioatividade e tendências atuais**, disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000100019>. Acesso em: 19/07/2023.)

Tema 3: Acidentes radioativos

Chernobyl (1986) – Ucrânia, ex-URSS

Chernobyl, considerado o maior desastre nuclear da história, ocorreu durante um teste no sistema do reator 4 da central nuclear, perto da cidade de Pripyat, localizada na antiga República Socialista Soviética da Ucrânia. Na madrugada do dia 26 de abril de 1986, diversas explosões liberaram na atmosfera terrestre um volume de partículas radioativas 400 vezes maior que o liberado pela bomba atômica lançada pelos Estados Unidos em Hiroshima, no Japão, contaminando quilômetros de florestas e causando doenças em milhares de pessoas.

Mais de 200.000 km² de terra foram contaminados. Segundo organizações não governamentais, morreram, pelo menos, 80 mil pessoas. A ONU estima que mais de 5.000 casos de câncer na Bielorrússia, Ucrânia e Rússia podem ter relação com o desastre.

Fukushima Daiichi (2011) – Japão

Foi o segundo maior acidente em usinas na história, ele ocorreu na Usina Nuclear de Fukushima Daiichi em Ōkuma, na província de Fukushima, em 2011. Ele ocorreu pelo tsunami causado pelo terremoto de Tohoku, em 11 de março de 2011.

Oficialmente, nenhuma morte associada à radiação emitida no acidente foi registrada. Na ocasião, o United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) e a Organização Mundial de Saúde (OMS) descartaram a possibilidade de aumento de abortos espontâneos, natimortos ou distúrbios físicos e mentais em bebês nascidos após o acidente.

No entanto, acredita-se que cerca de 1.600 mortes tenham ocorrido, principalmente em idosos, que viviam em casas de repouso antes do acidente, devido às más condições de evacuação.

Em 5 de julho de 2012, a Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission (NAIIC) concluiu que as causas do acidente poderiam ser previstas, já que o Japão é uma área vulnerável a terremotos e possíveis tsunamis,

e que a TEPCO (Tokyo Electric Power Company) não cumpriu os requisitos básicos de segurança, tais como avaliações de risco, preparação para conter danos colaterais e desenvolvimento de planos de evacuação.

Em 12 de outubro de 2012, a TEPCO admitiu pela primeira vez que não havia tomado as medidas necessárias por medo de ações judiciais ou protestos contra suas usinas nucleares.

A maioria da radiação – em torno de 80% – acabou sendo direcionada para o Oceano Pacífico. A radioatividade do desastre foi encontrada em algas marinhas e peixes na costa da Califórnia. Em junho de 2011, a TEPCO declarou que a quantidade de água contaminada no complexo havia aumentado devido às fortes chuvas que ocorreram.

Partículas de poeira coletadas a 4 km dos reatores, em 2017, possuíam nódulos microscópicos de amostras de núcleo fundido envoltas em Césio. Após décadas de declínio exponencial do Césio no Oceano Pacífico – presença causada por testes de armas nucleares – isótopos radioativos de Césio no Mar do Japão aumentaram, após o Acidente Nuclear de Fukushima, de 1,5 mBq/L para cerca de 2,5 mBq/L e ainda estão aumentando em 2018, enquanto a presença do Césio fora da costa oeste do Japão diminuiu.

Goiânia (1987) – Brasil

Em 13 de setembro de 1987, um acidente radiológico em Goiânia envolvendo uma cápsula do Césio-137, considerado tóxico e sem níveis seguros de exposição, colocou o Brasil na lista dos grandes eventos radioativos, sendo considerado o maior que ocorreu fora de usinas nucleares. O equipamento que gerou a contaminação na cidade entrou em funcionamento no Instituto Goiano de Radioterapia (IGR) em 1971 e foi desativado em 1985, quando o IGR mudou de local.

Com isso, a maior parte da clínica foi demolida, mas algumas salas, inclusive aquela em que se localizava o equipamento, foram mantidas em ruínas.

Após ser furtada do local, a cápsula que continha o Césio-137 foi aberta para o reaproveitamento do chumbo, no ferro-velho de Devair Ferreira.

O dono do ferro-velho expôs ao ambiente 19,26 g de cloreto de Césio-137 (CsCl), um sal muito parecido com o sal de cozinha (NaCl), mas que emitia um brilho azulado em ambientes sem luz (conhecido, no futuro, como Brilho da Morte). Ele ficou surpreso com o brilho e mostrou-o para sua esposa, além de distribuir para familiares e amigos.

O irmão de Devair levou um pouco de césio para sua filha, que tocou na substância e a ingeriu junto com alimentos. Outro irmão de Devair também teve contato direto com a substância.

Pelo fato de esse sal ser facilmente dispersivo e absorver a umidade do ar, ele acabou se espalhando rapidamente e aumentando a área de contaminação. Após algumas horas de exposição, as pessoas começaram a sentir náuseas e tonturas. Outros sintomas foram vômitos e diarreias.

No dia 29 de setembro de 1987 a esposa de Devair, suspeitando que aquele material tivesse relação com tudo o que a sua família estava sentindo, levou a cápsula que continha o Césio-137 para a Divisão de Vigilância Sanitária da Secretaria Estadual de Saúde, onde finalmente o material foi identificado como radioativo.

A fonte radioativa foi removida e manipulada pelas pessoas no dia 13 de setembro, porém o acidente radioativo só foi identificado como tal no dia 29 do mesmo mês, quando foi feita a comunicação à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que notificou a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

As potenciais formas de exposição da população de Goiânia à radiação foram: Inalação do material radioativo, ingestão de alimentos, contaminação de animais domésticos e irradiação externa devido ao material depositado no ambiente.

O governo tentou minimizar o acidente, escondendo dados da população, dizendo que se tratava apenas de um vazamento de gás, para evitar o pânico.

A CNEN exigiu que toda a população da região fosse examinada e, das 112 mil pessoas examinadas na época, 249 tiveram algum tipo de contaminação e quatro morreram.

Até hoje todos os contaminados e familiares ainda desenvolvem enfermidades relativas à contaminação pelo Césio-137!

A Associação das Vítimas do Césio-137 afirma que, até o ano de 2012, quando o acidente completou 25 anos, cerca de 104 pessoas morreram por conta de câncer e outros problemas e cerca de 1600 foram afetadas diretamente.

Eles ainda reclamam da omissão do governo na assistência médica com os contaminados.

Em 1996, a Justiça julgou e condenou por homicídio culposo três sócios e funcionários do IGR.

Referências:

BARBOSA, V.. Os maiores acidentes nucleares da história. Exame, [S. l.]. 2014. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/os-maiores-acidentes-nucleares-da-historia/>. Acesso em: 19/07/2023.

FERREIRA, R. Acidente Nuclear de Fukushima: radiação em alto mar! **Radioproteção na prática**, 2018. Disponível em: <https://lincebrasil.com/acidente-nuclear-de-fukushima/>. Acesso em: 19/07/2023.

_____. Césio-137 – o Brilho da Morte em Goiânia. **Radioproteção na prática**, 2018. Disponível em: <https://lincebrasil.com/cesio-137-o-brilho-da-morte/>. Acesso em: 20/07/2023.

MEMÓRIA GLOBO. Acidente Nuclear de Chernobyl. **Memória Globo**, 2021. Disponível em: <https://memoriaglobo.globo.com>. Acesso em: 19/07/2023.

Tema 4: O uso da radiação ionizante

São vastas as aplicações das radiações na medicina desde o diagnóstico da doença até o seu tratamento. A radioterapia, e braquiterapia, aplicadores de radioisótopos são exemplos de terapia, a mesma estuda os meios de diagnóstico e cura dos doentes. A Radioterapia consiste em eliminar tumores malignos (cancerígenos) utilizando radiação gama, raios X ou fontes de elétrons. O princípio básico é eliminar as células cancerígenas e evitar sua proliferação, e estas serem substituídas por células saudáveis. O tratamento é feito com aplicações programadas de doses elevadas de radiação, com a finalidade de “matar” as células alvo e causar o menor dano possível aos tecidos saudáveis intermediários. Como as doses aplicadas são muito altas, os pacientes sofrem danos orgânicos significativos e ficam muito debilitados. Por isso são cuidadosamente acompanhados por terapeutas, psicólogos, apoio quimioterápico e de medicação (CARDOSO, 2003).

A Braquiterapia é um tratamento com elemento radioativo “perto” dos tecidos e em locais específicos do corpo humano. Para isso, são utilizadas fontes radioativas emissoras de radiação gama de baixa e média energia, encapsuladas em aço inox ou em platina, com atividade da ordem de dezenas de Curies. Os isótopos mais utilizados são: irídio-192, cério-137, rádio-226. As fontes são colocadas próximas aos tumores, por meio de aplicadores, durante cada sessão de tratamento. Sua vantagem é afetar mais fortemente o tumor, devido à proximidade da fonte radioativa, e danificar menos os tecidos e órgãos próximos (CARDOSO, 2003).

Através dos sintomas da doença é determinado o seu diagnóstico. A radiografia, a mamografia, a tomografia e o mapeamento com radiofármacos, esterilização de materiais são muito úteis na medicina.

Na indústria, os radioisótopos são extremamente úteis. Um dos primeiros usos dos radioisótopos foi a radiografia. O conhecido aparelho de raios X foi substituído por um emissor de raios γ , que é mais facilmente manejado, embora deva ser contida numa espessa blindagem de chumbo, quando não está em uso. A radiografia industrial permite testar produtos industriais sem danificá-los e em poucos segundos (GAINES, 1975).

Na agricultura são diversas as aplicações dos radioisótopos. Empregam-se elementos radioativos traçadores para estudar os fertilizantes e o metabolismo dos minerais nas plantas, usam-se fertilizantes marcados com Fósforo-32 para medir a quantidade de fosfato existente no solo e o consumo de fósforo pelas plantas. As radiações têm, ainda, sua utilidade na luta contra os insetos. O método usado é o da esterilização dos machos, e consiste no seguinte: insetos são criados em massa e, antes que cheguem à maturidade, são esterilizados por meio de radiação controlada. Em seguida são libertados na região infestada. O acasalamento improdutivo dos machos com as fêmeas que estavam em liberdade acaba por levar à extinção da espécie. Esta técnica foi empregada para acabar com as moscas das frutas, que danificavam laranjas e outros frutos (GAINES, 1975).

Silva (1974) relata que para determinação de idade e formação e modificação de elementos geológicos como rochas, cristalização, idade de fósseis e formação de petróleo a utilização de radioisótopos é eficaz na datação, os principais isótopos utilizados em geocronologia e paleontologia são: urânio-238, tório-232, rubídio-87, carbono-14 e potássio-40.

Texto retirado do artigo "A radioatividade e suas utilidades" (PATRÍCIO M. da C. M., SILVA, V. M. de A., FILHO, A. A. de M.) Polêmica, v. 11, nº 2, 2012. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/>. Acesso: em 25/07/2023.

Tema 5: Desvantagens do uso da radiação ionizante

Os perigos da exposição à radiação:

Toda e qualquer radiação, em qualquer nível ou grau, causam alterações na matéria, induzindo efeitos e danos (CNEN, 2014)

As radiações ionizantes quando em contato com tecido vivo gera radicais livres que interferem na função celular levando a mutações no seu DNA ou até mesmo sua morte.

Nos seres humanos, quando há exposição aguda a altas doses de radiação, o paciente pode desenvolver uma síndrome clínica que possui como sintomas: náuseas, vômitos, diarreias, febre, dor de cabeça, queimaduras no corpo; mudança de produção de sangue, queda de imunidade.

Em longo prazo, essa exposição aumenta o risco de desenvolver alguns tipos de câncer e diminuir a fertilidade.

Desvantagens da Energia Nuclear

Ser uma energia não renovável, pois o recurso utilizado para produzir este tipo de energia se esgotará futuramente;

- As elevadas temperaturas da água utilizada no aquecimento causa a poluição térmica;
- O risco de acidente, visto que qualquer falha humana, ou técnica poderá causar uma catástrofe sem retorno;
- A formação de resíduos nucleares perigosos que podem ter uma vida de até 300 anos após serem produzidos;
- Pode ser utilizada para fins bélicos, para a construção de armas nucleares;
- Ser uma energia cara, visto que tanto o investimento inicial, como posteriormente a manutenção das energias nucleares têm custo elevado.

Quanto ao uso da radiação na indústria de alimentos são listadas as seguintes desvantagens (SILVA, H. S, 2022):

- Alimentos com alto teor de gordura não podem ser irradiados porque podem passar pelo processo de rancificação (transformação em outro material), perdendo o sabor original;
- Diminuem a disponibilidade de alguns nutrientes;
- Os custos dos equipamentos são muito altos tornando esse método de conservação menos acessível;
- Ambiental, pois os equipamentos e rejeitos precisam ser descartados de forma adequada.
- Transformações moleculares nos carboidratos, ocorrendo também mudanças de odor, sabor, cor, consistência, enzimas e na população de microorganismos.

Referências:

CNEN COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Diretrizes básicas de proteção radiológica. Resolução 164/14, Belo Horizonte, p.16-18, 11 mar. 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3>

[/grupo3-nrm301.pdf](#) Acesso em: 18/10/2023.

SILVA, H. S. **Utilização da radiação ionizante na conservação dos alimentos** / Hudson Santos Silva. --Salvador, 2022. 53f. Monografia (graduação) Bacharelado em Engenharia Química - Centro Universitário UNIRB. Disponível em: <http://dspace.unirb.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/560/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso: 20/08/2023.

REIS, Pedro. Vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear. **Portal Energia**. 2019. Disponível em: <https://www.portal-energia.com> Acesso em: 18/10/2023.

2. 2 AULA 2

Atividade - Seminários para os alunos apresentarem

Objetivo

Desenvolver habilidades de apresentação oral.

Objetivos específicos

Aprimorar a capacidade de argumentação;

Organizar logicamente o pensamento;

Socializar os resultados da pesquisa.

Desenvolvimento

Apresentação oral pelos alunos na ordem de cada um dos temas disponibilizados nos textos guia. Ressaltando que a pesquisa não precisa ser limitada aos textos guias.

Espera-se que, ao realizar a atividade de seminário como ferramenta de ensino, os alunos desenvolvam habilidades como busca e análise de dados, comunicação, ações coletivas e a socialização de pensamentos. (MALUSÁ; MELO; JÚNIOR, 2017). Não esquecendo que o professor é o mediador desse processo, estando disponível, observando com atenção o andamento dos grupos e intervindo se necessário.

2. 3 AULA 3

2. 3. 1 Atividade 1 - Jogo de tabuleiro

Aplicação do jogo de tabuleiro para os alunos.

Objetivo

Tornar o aprendizado mais divertido e interessante.

Objetivos específicos

Promover atividades desafiadoras;

Aprimorar a concentração e a atenção;

Estimular o interesse dos alunos.

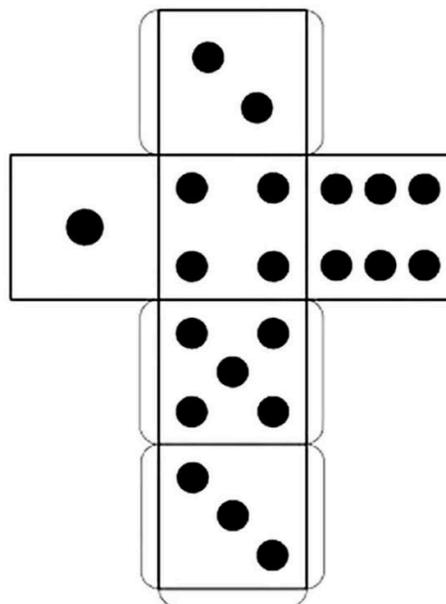
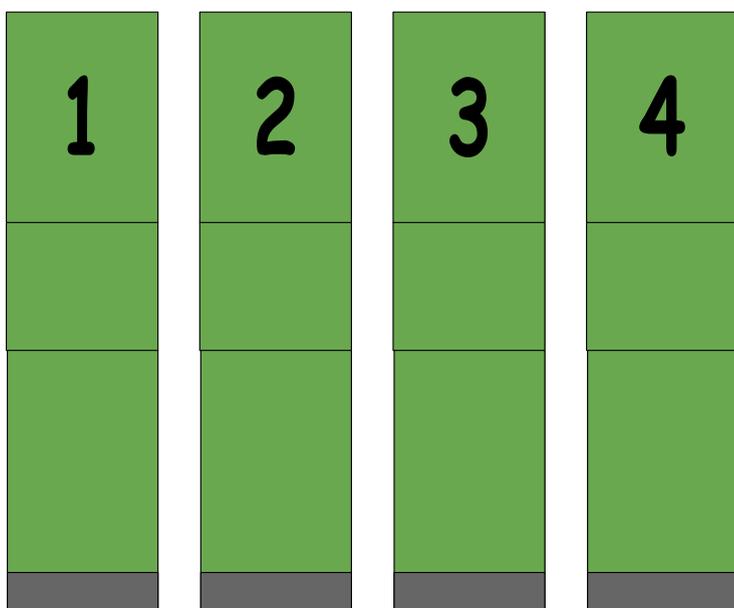
Desenvolvimento

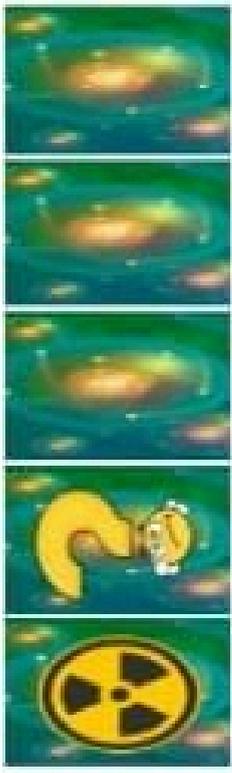
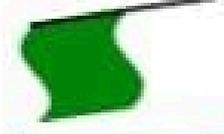
Separar os alunos em duplas ou em trios, se o tabuleiro for impresso em folha A4, para jogarem.

Abaixo contém os moldes dos tabuleiros, das cartas com as perguntas e com as curiosidades, a regra do jogo, assim como moldes para os peões e dos dados (que devem ser impressos previamente conforme a quantidade de estudantes).

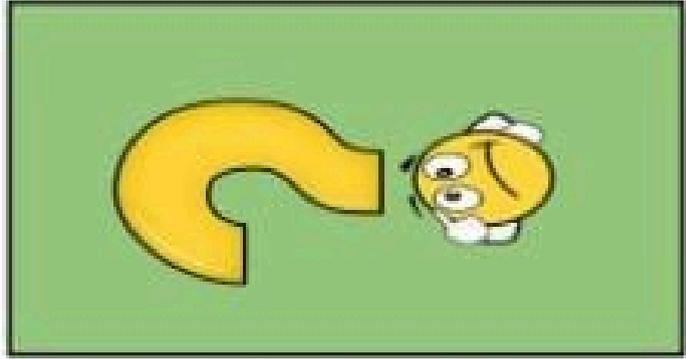
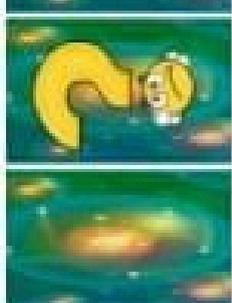
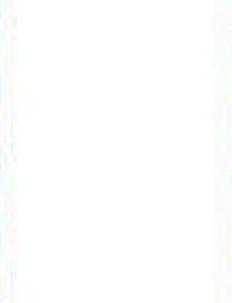
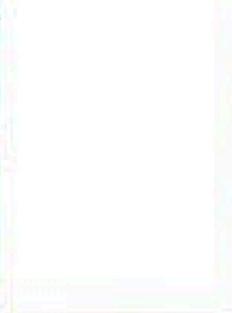
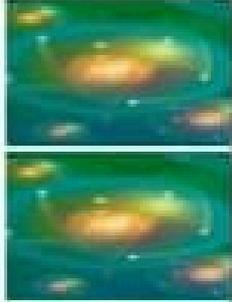
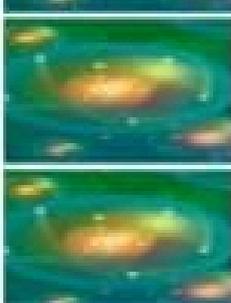
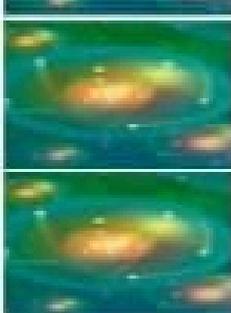
Moldes dos peões e do dado

 Colar _____ Dobrar





Corrida Radioativa



Em 1895, a polonesa Marya Sklodowska, que já adotara o nome francês Marie, casou-se com Pierre Curie, eles começaram a pesquisar de onde eram provenientes as radiações observadas por Becquerel no minério de urânio. O casal Curie conseguiu medir tais radiações, afirmando que eram uma propriedade intrínseca do elemento urânio. O casal Curie descobriu ainda que o urânio não era o único elemento que apresentava essa propriedade. Os sais de tório emitem radiações semelhantes. **AVANCE 2 casas.**

Como resultado de todo longo trabalho iniciado pelo físico alemão Röntgen, que teve prosseguimento com os trabalhos de Becquerel e de Pierre e Marie Curie, nasceu o estudo do fenômeno da radioatividade. Por suas descobertas, Becquerel, Pierre e Marie Curie foram laureados com o prêmio Nobel de Física em 1903. **AVANCE 1 casa.**

Em janeiro de 1934, o casal Irène Curie e Frédéric Joliot, filha e genro de Marie Curie, respectivamente, descobriram a radioatividade artificial. Através do bombardeamento de uma folha de alumínio-27 com partículas alfa, observaram a criação de um novo isótopo radioativo, ou radioisótopo, o fósforo-30. Por esta descoberta, foram laureados em 1935 com o prêmio Nobel de Química. **AVANCE 2 casas.**

Chernobyl é considerado o maior desastre nuclear da história, ocorreu em 1986 durante um teste no sistema do reator 4 da central nuclear, perto da cidade de Pripjat, localizada na antiga República Socialista Soviética da Ucrânia. **VOLTE 3 casas.**

O segundo maior acidente em usinas na história ocorreu na Usina Nuclear de Fukushima Daiichi em Ōkuma, na província de Fukushima, no Japão em 2011. Ele ocorreu pelo tsunami causado pelo terremoto de Tohoku, em 11 de março de 2011. **VOLTE 1 casa.**

Em 13 de setembro de 1987, um acidente radiológico em Goiânia envolvendo uma cápsula do Césio-137, considerado tóxico e sem níveis seguros de exposição, colocou o Brasil na lista dos grandes eventos radioativos, sendo considerado o maior que ocorreu fora de usinas nucleares. **VOLTE 2 casas.**

A energia nuclear responde por menos de 5% da matriz energética mundial e 3% da brasileira. Os Estados Unidos são o maior produtor mundial de energia nuclear. No Brasil, a geração de energia nuclear se concentra em Angra dos Reis (RJ). **VOLTE 1 casa.**

Uma das principais desvantagens do uso de energia nuclear é o risco de acidente, visto que qualquer falha humana, ou técnica poderá causar uma catástrofe sem retorno, que colocam em risco o meio ambiente, a vida de trabalhadores das usinas e dos demais seres vivos que recebem a radiação. **VOLTE 3 casas.**

Você sabia que a Banana é radioativa, assim como outros alimentos. Para que o organismo comece a sentir os efeitos maléficos da radioatividade é necessária uma dose de 100 rems (unidade de medida que indica a quantidade de radiação). Considerando que o consumo de uma banana por dia totalize 3,6 milirems em um ano, seria preciso comer cerca de 10 milhões de bananas para sofrer algum prejuízo proveniente da radioatividade. **VOLTE 1 casa.**

Havia um projeto chamado de Projeto Manhattan (programa de pesquisa que desenvolveu as primeiras bombas nucleares) cujo objetivo era testar os efeitos da radiação em seres humanos. Tudo era feito secretamente. Injeções com misturas radioativas eram aplicadas em mulheres grávidas, e farinha de aveia com níveis de radiação eram dadas às crianças. Esse programa durou de 1942 até 1946. **VOLTE 4 casas.**

Cartas com as perguntas

Qual alternativa é apresentada uma correta associação entre o nome do(a) cientista e a contribuição que deu para a ciência no campo de estudos da radioatividade.

- a) Becquerel/descoberta da radioatividade natural.
- b) Marie Curie/descoberta do nêutron.
- c) Chadwick/descoberta dos raios X.
- d) Roentgen/descoberta do polônio.

O que é radiação?

- a) é a ação dos raios solares.
- b) é a emissão de energia por fontes naturais ou artificiais que percorre o espaço por meio de ondas eletromagnéticas ou partículas.
- c) é a emissão de energia por fontes naturais ou artificiais do elemento rádio.
- d) é a emissão de energia por ondas de micro-ondas.

O que é radioatividade?

- a) É a atividade de radiação do elemento rádio.
- b) São as ondas de rádio.
- c) É a habilidade de emitir radiação ionizante.
- d) É a habilidade de emitir radiação não ionizante.

São exemplos de radiação ionizante:

- a) Ondas de rádio, microondas e luz solar.
- b) Ondas de rádio, alfa e gama.
- c) Alfa, delta e ômega.
- d) Alfa, beta e gama.

São exemplos de radiação não ionizantes:

- a) Luz visível, alfa e beta.
- b) Alfa, Beta e Gama.
- c) Luz visível; ondas de rádio e micro-ondas.
- d) Luz invisível, ondas do elemento rádio e micro-ondas.

Sobre o decaimento radioativo é correto afirmar:

- a) O átomo tem seus núcleos rompidos, o que resulta na sua transformação em outro elemento, pois é o número atômico que determina o elemento químico.
- b) Um átomo decai até encontrar outro átomo que irá se transformar em outro elemento químico.
- c) É quando a radiação cai até o elemento químico deixar de ser radioativo.
- d) É quando um elemento químico radioativo se encontra com outro não radioativo formando um elemento pouco radioativo.

Sobre a radiação ionizante é correto afirmar:

- a) Não têm a capacidade de produzir íons, nem arrancar elétrons de um átomo, por possuir uma energia muito baixa.
- b) Apesar de possuírem uma maior energia, não têm a capacidade de produzir íons e nem de arrancar elétrons de um átomo.
- c) Tem a capacidade de produzir íons ao arrancar elétrons de um átomo, por possuir maior energia.
- d) Tem a capacidade de produzir íons ao arrancar elétrons de um átomo, por possuir energia muito baixa.

Sobre a radiação não ionizante é correto afirmar:

- a) Ela tem a capacidade de produzir íons por ter alta frequência e baixa liberação de energia.
- b) Ela não tem a capacidade de produzir íons por ter alta frequência e alta liberação de energia.
- c) Ela tem a capacidade de produzir íons por ter baixa frequência e baixa liberação de energia.
- d) Ela não tem a capacidade de produzir íons por ter baixa frequência e baixa liberação de energia.

São exemplos de radiação ionizantes utilizadas na medicina:

- a) Radioterapia, ultrassonografia e ressonância magnética.
- b) Radioterapia, ecocardiograma e ressonância magnética.
- c) Radioterapia, tomografia e radioisótopos.
- d) Radioterapia, ultrassonografia e ecocardiograma.

Sobre o uso de radiação na agricultura é incorreto afirmar:

a) Utiliza-se elementos radioativos traçadores para estudar os fertilizantes e o metabolismo dos minerais nas plantas.

b) É utilizado para causar mutações genéticas nas plantações criando os alimentos transgênicos.

c) É Utilizado fertilizantes marcados com Fósforo-32 para medir a quantidade de fósforo existente no solo e o consumo de fósforo pelas plantas.

d) É utilizado para esterilizar machos de insetos para diminuir a procriação de algumas espécies.

Sobre a energia nuclear é correto afirmar:

a) É um tipo de energia produzida por meio de reações que acontecem no núcleo dos átomos de elementos pesados e alteram a sua estrutura.

b) Ocorre no interior do núcleo da Terra.

c) É produzida nas hidrelétricas com as reações dos núcleos das moléculas de água.

d) É um tipo de energia produzida com a energia liberada pelas reações nucleares que ocorrem no Sol.

É uma aplicação da radiação ionizante utilizada no diagnóstico de doenças:

a) Radioterapias.

b) Radioisótopos.

c) Braquiterapia.

d) Tomografia.

É uma aplicação da radiação ionizante utilizada no tratamento de doenças:

a) Mamografia.

b) Tomografia.

c) Radiografia.

d) Radioisótopos.

A radiação ionizante é utilizada para:

a) Medicina, energia nuclear, na agricultura e produção de armas.

b) Medicina, energia nuclear, na agricultura e datação de fósseis.

c) Medicina, energia nuclear, para produção de foguetes espaciais e datação de fósseis.

d) Medicina, energia nuclear, produção de armas e na produção de foguetes espaciais.

Regras do jogo de tabuleiro “Corrida Radioativa”

- O jogo pode ser jogado em duplas ou no máximo 4 jogadores.
- As regras devem ser lidas por todos jogadores antes do jogo ser iniciado.
- O jogador que tirar o maior número no dado inicia a rodada, seguindo na ordem decrescente.
- Se o jogador parar em cima da casa que tem o símbolo de interrogação (?) o oponente que jogou antes dele deverá pegar uma carta e fazer a leitura da pergunta, se acertar deverá andar uma casa, se errar deverá retornar uma casa.
- Se o jogador para em cima da casa de curiosidade com o símbolo de radioatividade (☢) deverá pegar uma carta e ler as informações em voz alta para o grupo que está jogando.
-

- Se as cartas de perguntas e curiosidades terminarem antes do jogo elas devem ser embaralhadas e retornar ao jogo.
- Vence o jogador que chegar primeiro, se tiver mais de dois jogadores os outros seguem jogando para ver as classificações.

2. 3. 2 Atividade 2 - Recriando a nuvem de palavras

Objetivo

Ampliar o vocabulário ao introduzir e reforçar novos termos relacionados ao conteúdo estudado.

Objetivos específicos

Estruturar visualmente os elementos mais importantes do assunto abordado;
Comparar a produção das palavras iniciais com a realizada ao fim da aplicação da sequência didática .

Desenvolvimento

Distribuir um pedaço de papel para cada aluno, pedir para que escrevam palavras que relacionam a radioatividade considerando o que foi visto nas últimas aulas (escrever a palavra “radioatividade” no quadro e pedir para que eles façam individualmente), dar um tempo para os alunos escreverem.

Com as respostas dos alunos criar uma nuvem de palavras, uma lista ou um cartaz, optando em fazer o que foi realizado na primeira atividade, utilizar o que foi produzido na atividade inicial e final para fazer um comparativo com os estudantes, dando ênfase às palavras que não condizem com o tema e as que foram acrescentada depois de realizar todas as atividades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como propósito a elaboração de um produto educacional que auxilie o ensino da temática "radioatividade" no 9º ano do ensino fundamental, dentro da área de Ciências da Natureza, por meio de metodologias ativas que favoreçam a participação e o protagonismo dos estudantes.

A sequência didática proposta busca tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e significativo, promovendo não apenas o desenvolvimento do conteúdo científico, mas também habilidades como a pesquisa, a argumentação oral e o trabalho colaborativo.

A utilização dos seminários como estratégia de ensino permite que os alunos assumam o papel de protagonistas na construção do conhecimento, enquanto o jogo de tabuleiro agrega ludicidade e motivação, além de reforçar conceitos e curiosidades trabalhados nas apresentações. A inclusão de textos guia previamente elaborados também garante acessibilidade ao material, especialmente em contextos escolares com limitações de recursos tecnológicos.

A proposta é flexível e pode ser adaptada conforme as realidades e necessidades de cada turma e professor(a), podendo ser aplicada na íntegra ou em partes, sem comprometer sua eficácia. Além disso, ao propor atividades diagnósticas e finais, a sequência permite acompanhar o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes de forma reflexiva e crítica.

Dessa forma, espera-se que este produto educacional contribua de maneira efetiva para a abordagem da radioatividade no Ensino Fundamental, alinhando-se aos princípios da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e fomentando práticas pedagógicas mais interativas, acessíveis e contextualizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, D. L. *O que é (e como faz) sequência didática?* Entrepalavras, Fortaleza - ano 3, v.3, n.1, p. 322-334, jan/jul 2013 disponível em <http://www.entrepalavras.ufc.br/revista/> Acesso em 13 fev. 2025.

BATISTA, C. *Radiação: o que é, tipos e para que serve.* Toda Matéria. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/radiacao/>. Acesso em: 17 out. 2023.

BATISTA, C. *Radioatividade: o que é, tipos, leis e exercícios.* Toda Matéria. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/radioatividade/>. Acesso em: 17 out. 2023.

BARBOSA, V.. *Os maiores acidentes nucleares da história.* Exame, [S. I.]. 2014. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/os-maiores-acidentes-nucleares-da-historia/>. Acesso em: 19 jul. 2023.

CARDOSO, Eliezer de Moura; COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (Brasil); ALVES, Ismar Pinto. *Radioatividade: apostila educativa* [recurso eletrônico]. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2004. Disponível em: <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/5363>. Acesso em: 21 jun. 2023.

FERREIRA, R. *Acidente Nuclear de Fukushima: radiação em alto mar!* Radioproteção na prática, 2018. Disponível em: <https://lincebrasil.com/acidente-nuclear-de-fukushima/>. Acesso em: 19 jul. 2023.

FERREIRA, R. *Césio-137 – o Brilho da Morte em Goiânia.* Radioproteção na prática, 2018. Disponível em: <https://lincebrasil.com/cesio-137-o-brilho-da-morte/>. Acesso em: 20 jul. 2023.

MALUSÁ; S.; MELO, G. F.; JÚNIOR, R. B. *Seminário: da técnica de ensino à polinização de ideias.* In: *Revolucionando a sala de aula : como envolver o estudante aplicando as técnicas de metodologias ativas de aprendizagem / organização Edvalda Araújo Leal, Gilberto José Miranda, Sílvia Pereira de Castro Casa Nova.– São Paulo : Atlas; 1ª ed. 2019.*

MEMÓRIA GLOBO. *Acidente Nuclear de Chernobyl.* Memória Globo, 2021. Disponível em: <https://memoriaglobo.globo.com/jornalismo/coberturas>. Acesso em: 19 jul. 2023.

PATRÍCIO M. da C. M., SILVA, V. M. de A., FILHO, A. A. de M. *A radioatividade e suas utilidades.* Polêmica, v. 11, nº 2 ,2012. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/>. Acesso em: 25 jul. 2023.

REIS, Pedro. *Vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear.* Portal Energia. 2019. Disponível em: <https://www.portal-energia.com>. Acesso em: 18 out. 2023.

SILVA, H. S. *Utilização da radiação ionizante na conservação dos alimentos* / Hudson Santos Silva. --Salvador, 2022. 53f. Monografia (graduação) Bacharelado em Engenharia Química - Centro Universitário UNIRB. Disponível em: <http://dspace.unirb.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/560/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso: 20 ago. 2023.

SOUZA, L. A. *Decaimento Radioativo*. Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/>. Acesso: 18 ago. 2023.

XAVIER, A. M. et al. *Marcos da história da radioatividade e tendências atuais*, disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000100019>. Acesso em: 19 jul. 2023.