



Desvendando a Radioatividade

Uma proposta para o ensino por investigação da Física Nuclear

Clotildes de Souza Miranda Simões

Orientadora: Profa. Dra. Cassiana Hygino Barreto Machado



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

 **SBF**
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Apresentação



Imagem: <https://goo.gl/images/8BKxFV>

Caro(a) leitor(a),

O material “Desvendando a radioatividade - uma proposta para o ensino por investigação da Física Nuclear” consiste em um guia de orientação constituído de uma sequência didática inspirada nas Sequências de Ensino Investigativas (SEI) defendidas por Ana Maria Carvalho* (2013).

A sequência aqui descrita é composta por dois ciclos que reúnem uma série de atividades que constituem o Produto Educacional de uma dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto Federal Fluminense.

O primeiro ciclo da SEI aborda conteúdos que envolvem os conhecimentos da natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na medicina. E o segundo ciclo traz os conteúdos relacionados a produção e uso da energia nuclear e suas implicações na natureza.

Durante a construção desta sequência buscou-se estruturá-la seguindo as quatro partes principais descritas por Carvalho (2013): o *problema*, a *sistematização do conhecimento*, a *contextualização social do conhecimento* e a *atividade de avaliação*.

As atividades didáticas que caracterizam um ensino por investigação, adequado a um ensino que promova a Alfabetização Científica dos alunos, devem ser pautadas na *problematização* e na *investigação*

Esta sequência foi aplicada no ano de 2019 para alunos da 2ª série do Ensino Médio de uma Instituição pública Estadual localizada na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ.

*CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) Ensino de ciências por investigação - Condições para implementação em sala de aula. cap.1. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

Sumário



Imagem: <https://goo.gl/images/8BKxFV>

O QUE SÃO AS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS?	02
Etapas da SEI.....	02
a) O problema.....	03
b) Sistematização dos conhecimentos.....	03
c) Contextualização social do conhecimento.....	03
d) Atividade de Avaliação.....	03
ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA	04
1º ciclo: Onde a Física e a Medicina se encontram	05
1. Uma atividade de conhecimento físico: O experimento de Becquerel.....	06
2. Leitura e discussão do texto: “Becquerel descobriu a radiação?”.....	07
3. Vídeo e discussão: Conhecendo as Radiações.....	08
4. Experimentação - análise de dados e gráficos: Decaimento radioativo.....	09
5. Visita técnica: Onde a Física e a Medicina se encontram.....	11
6. Avaliação: divulgação do conhecimento.....	12
2º Ciclo Entendendo a Energia Nuclear	13
1. Uma atividade de conhecimento físico: Reação em cadeia.....	14
2. Leitura e discussão do texto: Usinas nucleares.....	15
3. leitura e discussão: Os problemas da energia nuclear.....	16
4. Avaliação: Mitos e verdades sobre a energia nuclear.....	16
RELATO DE APLICAÇÃO	17
MATERIAL DO ALUNO	19

O que são as Sequências de Ensino Investigativas?



Imagem: <https://goo.gl/images/sYJAZ1>

■ O que são as Sequências de Ensino Investigativas?

As Sequências de Ensino Investigativas (SEI) estruturam importantes resultados das pesquisas em ensino de Física e Ciências, representando referências fundamentais para o planejamento de aulas transformando-as em atividades mais motivadoras e significativas para alunos e professores (CARVALHO, 2013).

Segundo Carvalho (2013), estas atividades propõem não somente a observação dos fenômenos ou a realização dos passos de um experimento, mas que os alunos, tenham momentos para questionamentos, testes de hipóteses, trocas de informações e sistematização de idéias.

As SEI's permitem a busca de um problema que deve fazer parte da realidade do aluno e explorar o interesse deles na procura de uma solução, de um problema que pode ser proposto por meio de atividades experimentais ou não experimentais.

■ Etapas da SEI

Desse modo, as sequências investigativas podem seguir etapas para o seu desenvolvimento: o problema, sistematização do conteúdo, contextualização social do conhecimento e Atividade de avaliação.



Imagem própria

O que são as Sequências de Ensino Investigativas?



Imagem: <https://goo.gl/images/sYJAZI>

A) O PROBLEMA

O tipo de problema para iniciar uma SEI pode variar entre, problemas experimentais ou não experimentais, demonstração investigativa, problema aberto ou até uma leitura investigativa. A problematização inicial deve conter questionamentos de forma dialógica. Este momento tem como objetivos principais: envolver o aluno com o tema que será abordado e diagnosticar as pré-concepções dos alunos acerca do tema. Neste primeiro momento, a função do professor é questionar.

B) SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

O professor deve organizar os conteúdos de forma que haja a completa compreensão do tema e do problema apresentado. Esta organização visa ampliar o diálogo do desafio inicial, introduzindo uma nova visão de conhecimento aos alunos, a visão científica.

C) CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIAL DO CONHECIMENTO

Os textos de contextualização devem se seguir de questionamentos que relacionem o problema investigado com o problema social (ou tecnológico). Deve-se seguir as mesmas etapas anteriores: discussão em grupo pelos alunos, discussão com toda classe com supervisão do professor, atividade escrita. Deseja-se que o aluno seja capaz de articular a conceituação científica com situações reais e não pura e simplesmente encontrar uma solução matemática a um problema típico do livro didático.

D) ATIVIDADE DE AVALIAÇÃO

A avaliação deve ser realizada pelo professor e incluir a observação das ações realizadas e dos resultados obtidos pela turma como um todo, como também individualmente e as participações dos alunos durante a aula. Destaca-se que no contexto de uma SEI, avaliar os conteúdos processuais e atitudinais é importante, visto que fazem parte dessa metodologia.

Alfabetização Científica



Imagem: <https://goo.gl/images/6FDjmb>

■ Alfabetização Científica

Nos dias atuais, pesquisadores têm identificado a necessidade de que a Alfabetização Científica (AC) seja pensada como um elemento fundamental no campo educacional, estando diretamente ligada ao ensino de Ciências e nas relações que envolvem o homem e a natureza, visando à formação de cidadãos cientificamente alfabetizados.

A AC pode ser usada para planejar um ensino que permita ter conhecimentos com uma nova cultura, novos saberes e com uma maneira diferente de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los por meio das suas ações e suas habilidades associadas ao fazer científico.

Com a intenção de classificar as diferentes concepções sobre as habilidades a serem trabalhadas no desenvolvimento da AC, foram identificados três eixos estruturantes.

Eixo Estruturante	Habilidade
1º	Promover um ensino capaz de levar os alunos à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais;
2º	Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática;
3º	Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente (CTSA).

A utilização dos três eixos para o planejamento e elaboração de atividades, deve ser capaz de iniciar o processo de AC, já que os eixos criam oportunidades para trabalhar problemas envolvendo sociedade e ambiente, discutindo os fenômenos naturais associados ao mundo e cotidiano dos alunos.

Pode-se concluir, que alfabetizar cientificamente os alunos mostra a necessidade de trabalhar Ciências de modo a frisar os temas científicos do cotidiano para a tomada decisões conscientes e crítica.

Roteiro do professor

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM



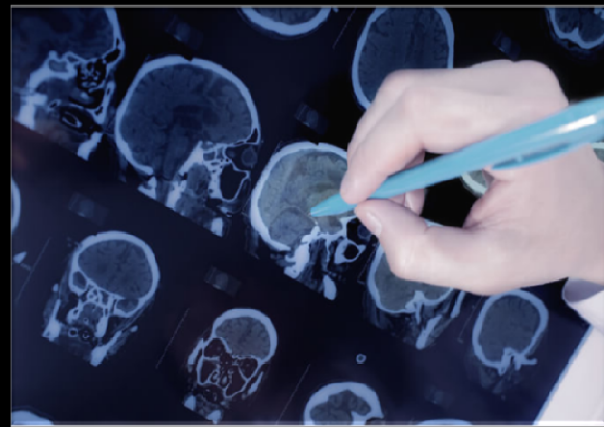
Imagem: <https://goo.gl/images/MhojKi>

As sequências se baseiam em buscar estratégias facilitadoras da aprendizagem por meio da utilização de experimentos, textos, vídeos, uso da história da ciência, entre outras atividades. O quadro a seguir contém o roteiro da primeira sequência.

Quadro 1: 1º ciclo da SEI – Onde a Física e a Medicina se encontram

Etapas da SEI	Intencionalidades Pedagógicas	Recurso Didático	Descrição
1 Problematização inicial	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Experimento e discussão	No primeiro momento a turma será dividida em grupos. Em seguida será realizada a demonstração investigativa do experimento de Becquerel. Após a demonstração, cada grupo deve responder a questão na tentativa de explicar o que ocorreu no experimento.
2 Sistematização do conhecimento	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Leitura e discussão	Os alunos receberão um texto "O experimento de Becquerel". Ao final do texto terão que responder uma questão e discutir as respostas com a classe.
3 Sistematização do conhecimento	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Vídeo e slide	Os alunos assistirão a um vídeo que explica o experimento de Rutherford e as partículas alfa, beta e gama. Após o vídeo o professor deve iniciar as discussões pontuando os conceitos mais relevantes em uma aula expositiva e dialogada.
4 Sistematização do conhecimento	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Experimento e gráficos	Após breve explicação sobre conceitos de decaimento radioativo e meia vida, o professor deve separar a turma em grupos para realizar atividade experimental do fenômeno do decaimento radioativo por meio de uma analogia utilizando moedas.
5 Contextualização social	Entendimento das relações existentes entre ciências, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Eixo III).	Visita técnica	Os alunos serão levados a uma clínica que realiza diagnósticos e, separados em grupos, terão que realizar perguntas para uma entrevista gravada que será apresentada a toda turma.
6 Avaliação	Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática (Eixo II).	Computador e projetor.	Será levantada uma discussão sobre os conceitos vistos nas aulas anteriores. Os alunos irão produzir um painel onde explicarão tais conceitos.

Roteiro Professor



1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

• PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Uma atividade de conhecimento físico: O experimento de Becquerel

Esta atividade, propõe uma demonstração investigativa que envolve uma simulação de experimento radioativo – o experimento de Becquerel. Nesta etapa, o professor tem papel de propor um problema e testar as hipóteses dos alunos e questioná-los sobre novas idéias, possibilitando que eles percebam outras variáveis.

Com os alunos separados em grupos (de 4 a 5 alunos, de acordo com o tamanho da turma) e com o experimento montado, o professor deve lançar o problema inicial e dar tempo para que eles discutam entre si e escrevam suas hipóteses.

O que você acha que vai acontecer quando iluminarmos o sabão em pó, a água tônica e a carga da caneta marca texto com luz ultravioleta?

Após a demonstração, ainda separados em grupos, os alunos podem discutir o que ocorreu no experimento, tentando responder ao segundo problema.

Por que esse fenômeno ocorre?

Os alunos devem descrever o experimento demonstrado e relatar suas hipóteses em forma de texto e entregar ao professor. Resolvido o problema, a sala será organizada em forma de círculo e devem-se discutir as respostas obtidas.

Espera-se que os alunos consigam relacionar o fenômeno com a radioatividade.

DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA

O experimento de Becquerel



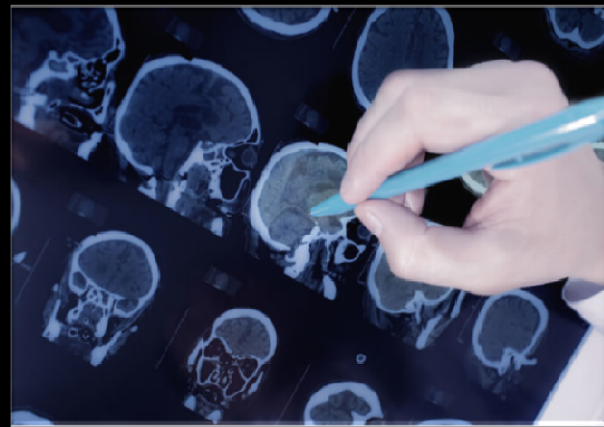
MATERIAIS

Luminária com luz negra;
Três frascos de laboratório;
Água;
Água tônica;
Caneta marca texto;
Sabão em pó.

PROCEDIMENTO

Em três béqueres são colocados água tônica, tinta de marca texto e sabão em pó, depois os materiais são irradiados com luz ultravioleta.

Roteiro Professor



1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

• SISTEMATIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Leitura e discussão do texto: “Becquerel descobriu a radiação?”

Nesse momento, deve-se iniciar a aula distribuindo o texto “Becquerel descobriu a radiação?” e em seguida solicitar que os alunos façam a leitura do mesmo. Após a leitura do texto os alunos devem voltar formação de grupos da aula anterior (formação essa que será levada em todas as etapas da SEI) e iniciar a discussão para responderem a questão proposta:

É comum ler em livros que Becquerel descobriu a radioatividade, mas não foi bem isso que aconteceu. Em seus experimentos, Becquerel percebeu que sais de urânio (que foi escolhido por ser luminescente) marcavam filmes fotográficos tanto expostos ao Sol, quanto dentro de uma gaveta escura, ele não conseguiu explicar o que havia ocorrido naquele momento. O trabalho do casal Curie e Rutherford foram fundamentais para a compreensão do fenômeno da radioatividade. Qual é a relação entre o fenômeno de luminescência e a radioatividade? E quais foram às principais contribuições que o casal Curie e Rutherford deram para a radioatividade?”

Esta questão tem como objetivo proporcionar a participação do aluno de modo que ele comece a produzir seu conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer, bem como entender o que moveu Becquerel a realizar os seus experimentos com o urânio e discutir a ideia de descoberta científica. Espera-se que com a leitura do texto o aluno consiga relacionar a demonstração do primeiro momento com a história acerca do fenômeno.

Em seguida, deve-se organizar a turma em círculo a fim de dar início a uma dinâmica de grupo para fins de relato do que foi apreendido de conhecimento e para que os estudantes relatem como chegaram às respostas. Com essa dinâmica, espera-se que muitos consigam reformular as respostas que foram dadas aos questionamentos iniciais relacionados as observações da 1ª atividade.

Roteiro Professor

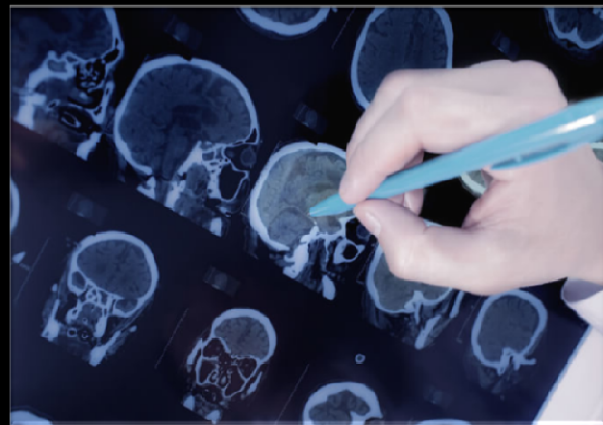


Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

• SISTEMATIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Vídeos e discussão: Conhecendo as Radiações

Com o objetivo de sistematizar o conceito de radiação e radioatividade, visando garantir que os alunos aprendam o conteúdo, deve ser iniciada a aula 3, com a apresentação de um vídeo “Radioatividade: Radiações alfa, beta e gama”.

O professor deve iniciar a aula organizando a classe para assistirem ao vídeo, que busca sistematizar a discussão ocorrida na aula anterior, trazendo informações de diferentes tipos de radiação, suas características e suas utilizações.

Após a apresentação do vídeo, o professor deve iniciar as discussões com toda classe sobre as informações coletadas, os alunos devem ser levados a refletir onde as radiações apresentadas no vídeo são utilizadas.

Em seguida, o professor pode iniciar uma aula expositiva com apresentação de slides abordando os conceitos de radiações ionizantes e não-ionizantes, explicando suas causas e efeitos, além de demonstrar o que é radioatividade e como calcular o decaimento radioativo e meia-vida.

Ao final da aula, deve-se retomar a discussão realizada após a apresentação do vídeo, com o intuito de esclarecer quaisquer dúvidas dos alunos.


Vídeo inicial



Disponível em: <https://youtu.be/JRhc7v6SN5g>

Slide da aula

O que é radiação?



Radiação é a propagação de energia na forma de ondas eletromagnéticas ou partículas.

Ou seja, radiação nada mais é do que **energia**.

A radiação pode ser tanto um fenômeno **natural** como **artificial**.

Disponível em: http://bit.ly/SEI1_slide3

Roteiro Professor

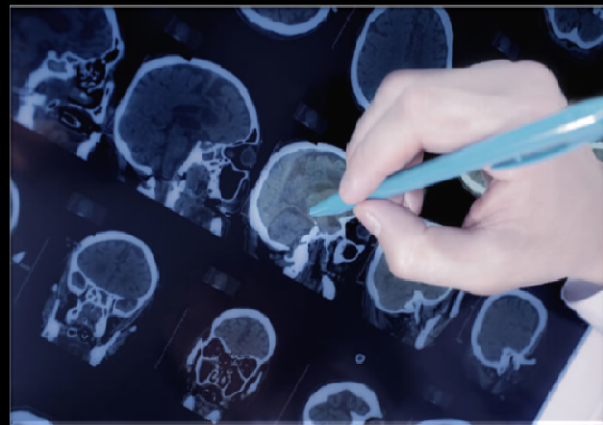


Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

• SISTEMATIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Experimentação: análise de dados e gráficos

Neste momento, o professor deve iniciar a aula retomando os conceitos de decaimento radioativo e meia vida estudados na aula anterior. Após a breve explicação, o professor deve separar a turma em grupos e distribuir entre eles uma caixa de sapato e um saquinho com algumas moedas (no mínimo 10 moedas). Os alunos deverão observar o fenômeno do decaimento radioativo por meio de uma analogia utilizando moedas.

Nesta atividade cada moeda representará um átomo instável de um determinado elemento químico. A atividade deve ser repetida três vezes e os dados coletados deverão ser utilizados para preencher a tabela sugerida e, depois, gerar um único gráfico representando as três curvas obtidas a partir dos valores da tabela.

Depois de feita a experimentação para as três amostras, os valores da tabela devem ser utilizados para a construção de um gráfico. Neste gráfico cada amostra deve ter seus valores anotados com uma cor diferente.

Como o tipo de gráfico obtido irá apresentar uma curva decrescente que, no entanto, nunca chega a tocar o eixo horizontal. O professor deve questionar os alunos a fim de iniciar uma discussão: O que isso significa em termos de desintegração radioativa de um material real? É esperado que os alunos entendam como o fenômeno ocorre e quais as suas causas e implicações.

Ao final da aula, deve ser distribuído para os alunos parte de uma apostila intitulada “Aplicações da energia nuclear” da Comissão Nacional de Energia Nuclear/CNEN (Disponível em <http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-da-energia-nuclear.pdf>) como leitura extraclasse para dar continuidade a próxima atividade.

O recorte da apostila se encontra no anexo deste produto.

Roteiro Professor

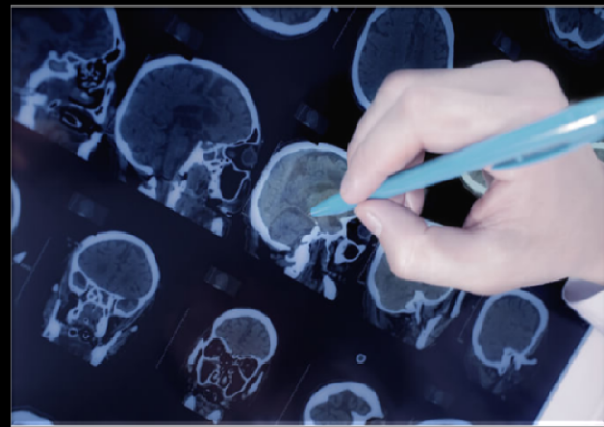


Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

ROTEIRO PARA O PROFESSOR

OBJETIVOS:

Observar o fenômeno do decaimento radioativo por meio de uma analogia utilizando moedas.

MATERIAIS:

no mínimo 10 moedas por grupo;
uma caixa de sapatos vazia e com tampa;
régua;
lápiz de cor;
caderno e caneta para anotações.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

1. Divida a classe em grupos. Cada grupo deve ter um kit de materiais necessários para o experimento.
2. Cada grupo deverá colocar suas moedas no interior da caixa e então fechá-la. (O professor deve explicar aos alunos que as moedas representam átomos instáveis e a caixa é o corpo que contém esses “átomos”)
3. A caixa deve ser agitada de forma que as moedas em seu interior possam ficar de forma aleatória com as faces “cara” ou “coroa” para cima. Cada agitação da caixa representará um período de meia-vida do elemento químico que está sendo representado pelas moedas.
4. Após cada evento de meia-vida, ou seja, após ter agitado a caixa, a tampa deve ser aberta e o grupo deve retirar as moedas que tiverem a face “cara” (número) voltada para cima. Essas moedas representam simbolicamente os átomos que sofrem decaimento transformando-se em outro elemento químico. A quantidade de moedas restante na caixa deve ser contada e anotada na tabela anexa. Para o tempo de meia-vida 0 a quantidade de moedas é, obviamente, o total delas.
5. O experimento com a amostra 1 termina quando atingir-se a 12ª meia-vida (12 agitações da caixa) ou quando não restarem mais moedas com a face coroa para cima. As moedas devem então ser recolocadas na caixa para a repetição do experimento com a segunda amostra. Idem para a terceira amostra
6. Depois de feita a experimentação para as três amostras, os valores da tabela devem ser utilizados para a construção de um gráfico. Neste gráfico cada amostra deve ter seus valores anotados com uma cor diferente.

Roteiro Professor

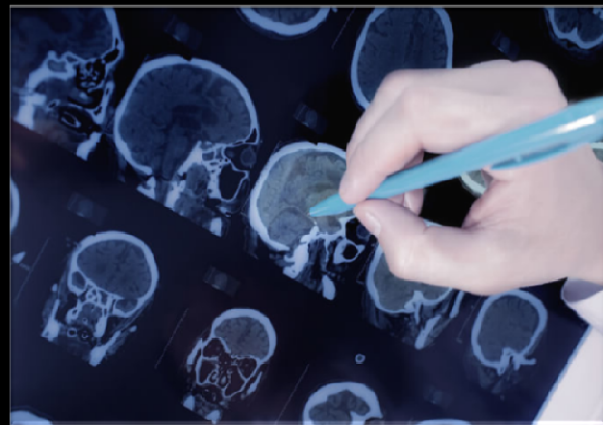


Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

• CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIAL

Visita técnica: Onde a Física e a Medicina se encontram

Esta atividade tem como objetivo integrar os conhecimentos até então estudados sobre as radiações com o reconhecimento de sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos. Para isso, o professor pode procurar clínicas de diagnósticos em sua cidade e perguntar sobre a disponibilidade para uma visita técnica.

Durante a visita os alunos devem ficar atentos e fazer anotações das explicações dos procedimentos, para a realização da etapa de avaliação desta SEI.

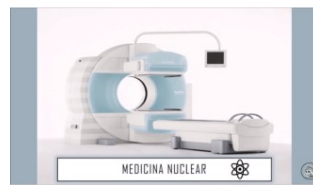
Caso o professor não consiga realizar a visita técnica, esta etapa pode ser adaptada.

Sugestão 1: O professor deve organizar a sala, para que os alunos assistam aos seguintes vídeos:



A importância da medicina nuclear

<https://youtu.be/WFq1fL6s-rs>



Medicina Nuclear (Função do Radiofármacos)

<https://youtu.be/3qFTAsTqdTI>

Após assistirem, o professor deve iniciar uma discussão com toda sala sobre quais aspectos os alunos acharam mais relevantes e quais aplicações acharam mais interessantes.

Sugestão 2: O professor deve dividir a sala em grupos e distribuir entre eles o artigo “Quando a física e a medicina se encontram” disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//educacao-rede-cancer-21.pdf> e em anexo nesse produto.

Após a leitura do texto, o professor deve iniciar uma discussão com toda sala sobre quais aspectos os alunos acharam mais relevantes.

Roteiro Professor

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

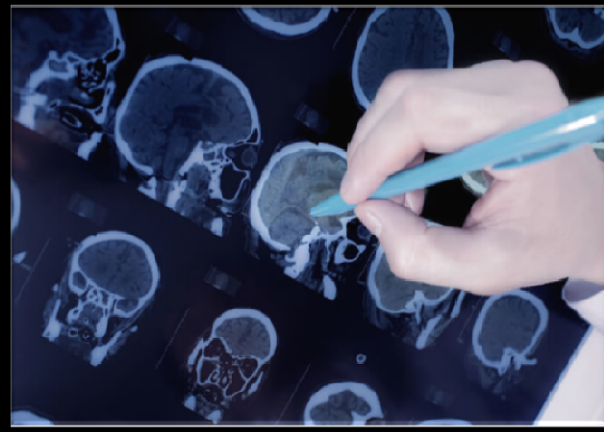


Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

• AVALIAÇÃO

Avaliação: divulgação do conhecimento

Para fechar o primeiro ciclo da SEI, deve ser realizada uma atividade de avaliação formativa, que tem como objetivo confirmar se os alunos estão ou não aprendendo o conteúdo. No início da aula, cada grupo deve ter de 5 a 8 minutos para apresentar o que aprenderam durante a visita técnica (caso a visita não tenha sido possível, o professor deve avaliar a necessidade desta etapa).

Após as apresentações, o professor deve distribuir cartolinas, lápis de cor e hidrocores (ou solicitar na aula anterior que os alunos tragam de casa). O professor deve pedir que cada grupo construa um cartaz explicando "*O que é a radioatividade e onde ela pode ser aplicada*".

O professor deve deixar os alunos livres para construir os cartazes, e explicar que eles também podem fazer desenhos.

Ao terminarem a confecção dos cartazes, os mesmos devem ser expostos na sala de aula.

Roteiro do professor

2ª SEI: ENTENDENDO A ENERGIA NUCLEAR



Imagem: <https://goo.gl/images/MhojKi>

É importante ressaltar que uma SEI deve seguir etapas para o seu desenvolvimento: o problema, sistematização do conteúdo, contextualização social do conhecimento e atividade de avaliação (CARVALHO, 2013). O quadro a seguir contém o roteiro da segunda sequência.

Quadro 2: 2º ciclo da SEI – Entendendo a Energia Nuclear

Etapas da SEI	Intencionalidades Pedagógicas	Recurso Didático	Descrição
1 Problematização inicial	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Experimento, slide e discussão	Demonstração investigativa com experimento das ratoeiras para explicação dos processos de fissão nuclear.
2 Sistematização do conhecimento	Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática (Eixo II).	Vídeo e slide	Os alunos assistirão um vídeo “Entramos na usina nuclear de Angra!!! #Boravê”. Ao final do vídeo terão uma aula expositiva e dialogada.
3 Contextualização social	Entendimento das relações existente entre ciências, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Eixo III).	Análise textual e discussão	Os alunos irão analisar os conceitos físicos presentes em reportagens sobre acidentes nucleares encontrados em revistas eletrônicas.
4 Avaliação	Entendimento das relações existente entre ciências, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Eixo III).	Atividade em grupo	Mitos e verdades sobre a energia nuclear– Os alunos serão questionados pelo professor e terão que responder se é mito ou verdade.

Roteiro Professor

2ª SEI: ENTENDENDO A ENERGIA NUCLEAR



Imagem: <https://goo.gl/images/HTBis2>

• PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Uma atividade de conhecimento físico: Reação em cadeia

Para dar início ao segundo ciclo da SEI, o professor deve realizar uma demonstração investigativa do experimento de simulação de reação em cadeia – Experimento da ratoeira. Um experimento simples para ilustrar o processo de fissão nuclear.

O professor pode construir a caixa ou então apresentar aos alunos uma simulação em vídeo (disponível: <<https://youtu.be/F1u3YFNe5ls>>). Nesta simulação a bola a ser lançada representará o nêutron e as ratoeiras com as bolas de pingue-pongue representam os núcleos de urânio a serem fissurados, quando a bola lançada atinge a primeira ratoeira e desprende a primeira bola, que representa o nêutron liberado provoca a reação em cadeia.

Antes da demonstração, os alunos devem ser indagados sobre o que ocorre quando a bolinha se chocar com as demais.

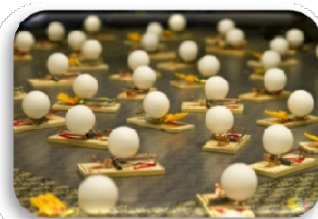
O que você acredita que vai acontecer quando soltar a bolinha sobre as ratoeiras?

Os alunos devem então fazer um texto explicando o processo. E após a apresentação do vídeo devem explicar:

Por que você acha que isso ocorreu?

Após responderem aos questionamentos, o professor deve iniciar uma aula expositiva e dialogada sobre os conceitos de fissão nuclear, reação em cadeia e fusão nuclear e suas aplicações, com a finalidade de esclarecer as dúvidas sobre o fenômeno observado durante a simulação. (slide disponível em: <http://bit.ly/SEI2_slideaula1>)

DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA Experimento da ratoeira



<https://goo.gl/images/Lunx2h>

MATERIAIS

Ratoeiras;
Bolas de pingue-pongue;
Caixa de acrílico.

PROCEDIMENTO

Armar as ratoeiras dentro da caixa de acrílico e colocar com cuidado as bolinhas no lugar da isca;
Depois de armar todas as ratoeiras deve-se fechar a caixa e soltar a bolinha mais pesada pela buraco da tampa.

Roteiro Professor

2ª SEI: ENTENDENDO A ENERGIA NUCLEAR



Imagem: <https://goo.gl/images/HTBis2>

• SISTEMATIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Leitura e discussão do texto: Usinas nucleares

Nesse momento, a aula deve ser iniciada com a organização da turma para assistirem a um vídeo de uma visita técnica na usina nuclear de Angra, buscando sistematizar os conteúdos e despertar a curiosidade dos alunos.

Após a exibição do vídeo o professor deve iniciar uma discussão com toda turma sobre alguns aspectos importantes na geração de energia em uma usina nuclear.

Devem ser retomados os conteúdos de fissão nuclear e reação em cadeia estudados na aula anterior, além de dar ênfase em questões como o combustível utilizado na usina, medidas de contenção da reação em cadeia e descarte de lixo nuclear.



Entramos na usina nuclear de Angra!!! #Boravê

<https://youtu.be/ZsR-2zkEwCM>

• CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIAL

Leitura e discussão: Os problemas da energia nuclear

Esta atividade tem como objetivo analisar os conceitos físicos presentes em reportagens sobre acidentes nucleares encontrados em revistas eletrônicas. Nesta etapa é que se realiza o aprofundamento do conteúdo, onde se observa a aplicação do conteúdo em um contexto social.

O professor deve distribuir entre os grupos, reportagens que abordem assuntos como as bombas atômicas; acidente de Chernobyl; acidente do Césio 137 em Goiânia; e o acidente de Fukushima. Pedir para os grupos lerem os textos distribuídos. Após este momento, organizar a turma em círculo e realizar uma discussão sobre os conceitos encontrados.

Roteiro Professor

2ª SEI: ENTENDENDO A ENERGIA NUCLEAR



Imagem: <https://goo.gl/images/HTBis2>

• AVALIAÇÃO

Avaliação: Mitos e verdades sobre a energia nuclear

Para finalizar este ciclo, deve ser realizada a atividade de avaliação com a discussão sobre *“Os mitos e verdades sobre a energia nuclear”*.

Para iniciar a atividade, o professor deve organizar a turma em grupos e arrumar a sala em vários círculos (de acordo com o número de grupos) e distribuir para cada grupo duas placas, uma escrita mito e a outra verdade e lançar o tema da atividade: *“Mitos e verdades sobre a energia nuclear”*.

A dinâmica da atividade deve ser da seguinte maneira: o professor faz 10 perguntas e cada uma delas valerá 1 ponto; depois que o professor fizer a pergunta, os grupos terão 2 minutos para discutirem e anotarem as justificativas das respostas e passado esse tempo devem levantar a plaquinha; o professor deve anotar no quadro a resposta de cada grupo. Ao final das perguntas, durante a contagem da pontuação de cada grupo, o professor deve questionar os alunos sobre as respostas explicando se realmente é mito ou verdade; o professor deve contar a pontuação de cada grupo e definir o vencedor. As perguntas sugeridas são:

1. O maior perigo do material radioativo à saúde é que ele demora a sair do corpo;
2. A exposição à radioatividade causa morte instantânea;
3. Uma pessoa contaminada por radiação pode contaminar outra;
4. As usinas nucleares jogam lixo radioativo na natureza;
5. Uma usina nuclear é semelhante a uma fábrica de bombas nucleares;
6. As usinas nucleares iniciam o processo de geração de energia a partir do processo de fissão nuclear;
7. Uma usina nuclear pode explodir como uma bomba nuclear;
8. Qualquer nível de radiação faz mal à saúde;
9. O processo de fusão nuclear só ocorre na superfície de estrelas como o Sol;
10. Num acidente com liberação de material radioativo, fechar a casa ajuda;

Relato de aplicação



Imagem: <https://https://images.app.goo.gl/2BbPxT8ttp7NgbKx5>

SOBRE A APLICAÇÃO

Este produto educacional foi pensado com objetivo de verificar se uma Sequência de Ensino Investigativo possui elementos para auxiliar no desenvolvimento da Alfabetização Científica, além de inserir o contexto da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Pode-se notar que as discussões levaram os alunos a usarem as habilidades próprias do “fazer científico”, percebidas através dos indicadores da Alfabetização Científica. Esse fato evidencia que os alunos participantes destas discussões estão em processo de se alfabetizarem cientificamente, demonstrando a capacidade das sequências analisadas de inseri-los em discussões próprias das Ciências.

Apesar de exigir muito tempo e dedicação, implementar as atividades descritas neste produto mostrou ser uma boa estratégia de motivação para os alunos aprenderem Física. As discussões geradas, os questionamentos e participação dos alunos nessas aulas diferenciadas, me incentivaram a continuar nesta perspectiva.

Vale ressaltar ainda que esta proposta dá oportunidade aos estudantes de expor suas concepções, serem os protagonistas de seu próprio conhecimento e, principalmente, dá ao professor oportunidade de confrontá-las fazendo-os expandir suas ideias prévias.



Material do aluno



Imagem: <https://goo.gl/images/29mhZH>

SOBRE O MATERIAL DO ALUNO

Professor, estão relacionadas nas próximas páginas as atividades para o aluno realizar em todas as etapas dos dois ciclos da sequência didática. Essa coletânea de textos e atividades foi pensada para enriquecer o processo de produção coletiva dos estudantes em sala de aula.

Além disso, pretendemos que este material auxilie nos momentos de discussão e leitura, abrindo os horizontes dos estudantes, incentivando a pesquisa e a busca contínua de informações significativas para sua vida e para o prosseguimento de seus estudos.

Para baixar os arquivos das atividades, basta acessar os links:

SEI 1 : http://bit.ly/SEI1_ATIVIDADE1

http://bit.ly/SEI1_TEXT0_ATIVIDADE2

http://bit.ly/SEI1_ATIVIDADE2

http://bit.ly/SEI1_ATIVIDADE3

http://bit.ly/SEI1_ATIVIDADE4

SEI2: http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE1

http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE2_TEXT01

http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE2_TEXT02

http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE2_TEXT03

http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE2_TEXT04

http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE3

BECQUEREL DESCOBRIU A RADIAÇÃO?

Os fenômenos radioativos começaram a ser descobertos em 1896 pelo cientista francês Antoine Henri Becquerel (1852-1908). No entanto, as suas descobertas só foram possíveis graças aos estudos anteriores sobre os raios X. Assim, vejamos primeiro como os raios X foram descobertos e qual a sua relação com a descoberta da radioatividade, acontecimentos importantes que marcaram o caso do século passado.

Em 1895, o físico alemão **Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923)** descobriu de maneira acidental "um novo tipo de raio", que possibilitava "ver" dentro do corpo humano. Como esse cientista não sabia qual era exatamente a natureza desses raios, ele chamou-os de **raios X**. Certa noite, ele estava em seu laboratório, onde havia uma ampola de Crookes, um tubo de vidro vedado que tinha no seu interior gases em pequena quantidade, a baixas pressões, e, em sua extremidade, havia dois eletrodos, isto é, peças metálicas ligadas a uma fonte elétrica externa que estabelecia uma diferença de potencial, passando corrente elétrica pelos gases dentro do tubo.

A ampola de Crookes estava coberta com papel-cartão preto e as luzes estavam apagadas. Então, Röntgen notou que uma tela recoberta de platino-cianeto de bário, que estava por acaso no laboratório, começou a brilhar quando ele ligou a ampola. O platino-cianeto de bário é uma substância fluorescente, o que significa que ele emite luz visível quando absorve energia de determinada fonte, mas cessa depois que a fonte é desligada. Depois de fazer vários



Wilhelm Konrad Röntgen
(1845-1923)

testes, Röntgen chegou à conclusão de que raios vindos da ampola atingiam o platino-cianeto de bário.

Ele notou também que eles não sofriam desvio por campo elétrico e c mais impressionante: podiam sensibilizar uma chapa fotográfica, permitindo que ele visse os ossos de suas mãos. Abaixo temos a radiografia da mão da esposa de Röntgen, Anna Bertha Ludwig. Veja que os raios X não atravessaram o ouro da aliança e, por isso, o osso na região da aliança não ficou visível. Os raios X tiveram uma tremenda repercussão, tanto que Röntgen recebeu em 1901 o Prêmio Nobel de Física por sua descoberta.



Radiografia da mão da
esposa de Röntgen,
Anna Ludwig

• Raios X

A descoberta de Röntgen levou Becquerel, no início do ano de 1896, a testar a hipótese de que as substâncias fosforescentes (substâncias que emitem luz visível depois de absorver energia de outra fonte, mas que, ao contrário das substâncias fluorescentes, continuam emitindo luz por algum tempo, mesmo depois que a fonte de energia é desligada) e fluorescentes também emitiriam raios X.

Ele fez isso deixando as amostras de um minério de urânio, o sulfato duplo de potássio e a uranila di-hidratada. Em seguida, ele colocou essas amostras em contato com um filme fotográfico envolvido por um invólucro preto para ver se elas impressionavam o filme e, assim, emitiam raios X.

No entanto, começou um tempo de chuva em Paris e Becquerel teve que guardar as



Antoine Henri Becquerel
(1852-1908)

suas amostras em uma gaveta escura com alguns filmes virgens protegidos com um papel preto. Novamente, um fato acidental aliado à perspicácia resultou em uma descoberta excepcional. Veja um trecho do relatório que Becquerel fez à Academia de Ciências da França:

“Como o sol não voltou a aparecer durante vários dias, revelei as chapas fotográficas a 1º de março, na expectativa de encontrar imagens muito deficientes. Ocorreu o oposto: as silhuetas apareceram com grande nitidez. Pensei imediatamente que a ação poderia ocorrer no escuro.”

Becquerel também descobriu que essa radiação que o urânio emitia também ionizava gases, transformando-os em condutores.

Entrou então em cena o

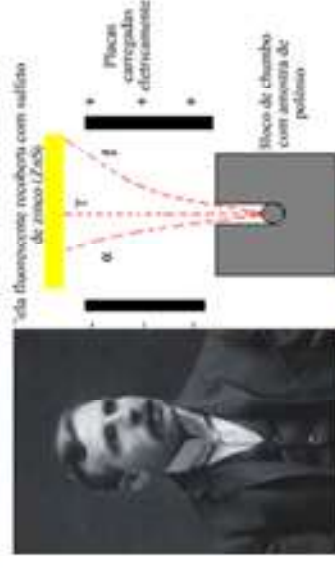
casal **Pierre Curie (1859-1906)** e **Marie Curie (1867-1934)**.

Juntamente a eles, Becquerel descobriu que a propriedade que ele viu era pertencente ao urânio, pois todos os minérios de urânio emitiam os raios que impressionavam o filme. Marie Curie batizou essa propriedade de **urânio emitir raios de radioatividade**.

Os trabalhos do casal Curie tiveram crucial importância na mudança de rumo que tomara a radioatividade. Em abril de 1898, Marie Curie constatou que havia algum componente mais ativo que o urânio em seus minerais naturais. Esse casal trabalhou durante três anos exaustivamente, usaram 1400 litros de um minério de urânio chamado pitchblenda ou uranita (UO_2) e, em 1902, isolaram átomos de dois

elementos químicos radioativos que não eram conhecidos na época. O primeiro, eles chamaram de **rádio**, pois ele era **2 milhões de vezes mais radioativo que o urânio**; o segundo, eles chamaram de **polônio**, em homenagem à Polônia, terra natal de Madame Curie. Em 1903, Marie Curie, Pierre Curie e Antoine-Henri Becquerel dividiram o Prêmio Nobel de Física pelos seus trabalhos com radioatividade.

Anos mais tarde, o físico neozelandês **Ernest Rutherford (1871-1937)** realizou um experimento mostrado na figura abaixo, que identificou a natureza da radioatividade, mostrando que ela se originava do núcleo. Para mais detalhes sobre isso, leia o texto **Emissões Radioativas Naturais**. Ernest Rutherford recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1908 pelos estudos da desintegração de elementos e a química das substâncias radioativas.



Ernest Rutherford

Texto disponível em: < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/descoberta-radioatividade.htm> >

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 3

Atividade 3 – Roteiro do experimento

• Objetivos:

Observar o fenômeno do decaimento radioativo por meio de uma analogia utilizando moedas.

• Materiais:

Moedas;

Caixa de sapatos com tampa;

Régua;

Lápis de cor;

Caderno e caneta para anotações.

• Procedimento experimental:

1. Colocar as moedas no interior da caixa e então fechá-la.
2. A caixa deve ser agitada de forma que as moedas em seu interior possam ficar de forma aleatória com as faces “cara” ou “coroa” para cima.
3. Cada agitação da caixa representará um período de meia-vida do elemento químico que está sendo representado pelas moedas.
4. Após ter agitado a caixa, a tampa deve ser aberta, retire as moedas que tiverem a face “cara” (número) voltada para cima. Essas moedas representam simbolicamente os átomos que sofrem decaimento transformando-se em outro elemento químico.
5. A quantidade de moedas restante na caixa deve ser contada e anotada na tabela anexa. Para o tempo de meia-vida 0 a quantidade de moedas é, obviamente, o total delas.
6. O experimento com a amostra 1 termina quando atingir-se a 12ª meia-vida (12 agitações da caixa) ou quando não restarem mais moedas com a face coroa para cima.
7. As moedas devem então ser recolocadas na caixa para a repetição do experimento com a segunda amostra. Idem para a terceira amostra
8. Depois de feita a experimentação para as três amostras, os valores da tabela devem ser utilizados para a construção de um gráfico. Neste gráfico cada amostra deve ter seus valores anotados com uma cor diferente.

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 3

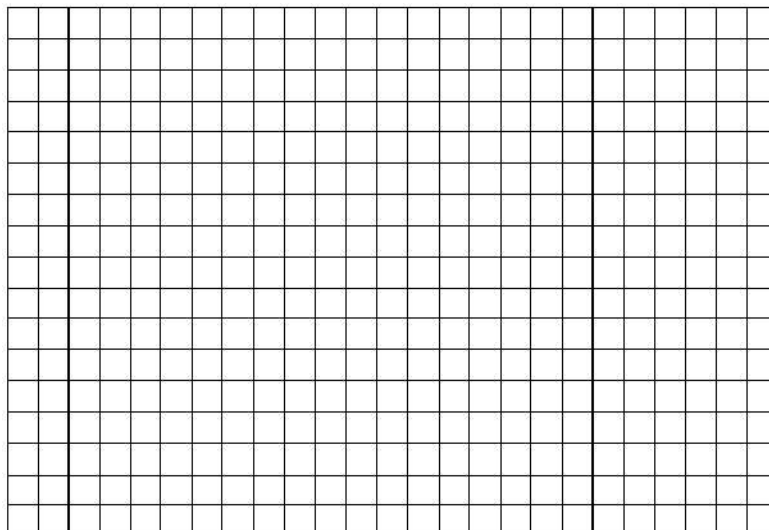
Disciplina: Física	Prof.:	Turma:	Data:
Alunos:			

Atividade 3

1. Anote na tabela o número de moedas que ficaram com a “cara” voltada para cima após cada agitação.

Meia-vida	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

2. Depois de feita a experimentação para as três amostras, use os valores da tabela para a construir um gráfico do numero de átomos/moedas (eixo y) X número de meias-vidas /agitações (eixo x). Neste gráfico cada amostra deve ter seus valores anotados com uma cor diferente.



MATERIAL DO ALUNO

Atividade 4 – leitura extraclasses



Apostila educativa
Aplicações da Energia Nuclear

CNEN

OS BENEFÍCIOS DA ENERGIA NUCLEAR E DAS RADIAÇÕES

Infelizmente são pouco divulgados os grandes benefícios da energia nuclear.

A cada dia, novas técnicas nucleares são desenvolvidas nos diversos campos da atividade humana, possibilitando a execução de tarefas impossíveis de serem realizadas pelos meios convencionais.

A medicina, a indústria, particularmente a farmacêutica, e a agricultura são as áreas mais beneficiadas.

Os isótopos radioativos ou **radioisótopos**, devido à propriedade de emitirem radiações, têm vários usos. As radiações podem até atravessar a matéria ou serem absorvidas por ela, o que possibilita múltiplas aplicações. Mesmo em quantidades cuja massa não pode ser determinada pelos métodos químicos, a radiação por eles emitida pode ser detectada.

Pela absorção da energia das radiações (em forma de calor) células ou pequenos organismos podem ser destruídos. Essa propriedade, que normalmente é altamente inconveniente para os seres vivos, pode ser usada em seu benefício, quando empregada para destruir células ou microorganismos nocivos.

A propriedade de penetração das radiações possibilita identificar a presença de um radioisótopo em determinado local.



Apostila educativa
Aplicações da Energia Nuclear

CNEN

TRAGADORES RADIOATIVOS

As radiações emitidas por radioisótopos podem atravessar a matéria e, dependendo da energia que possuem, são detectadas ("percebidas") onde estiverem, através de aparelhos apropriados, denominados **detectores de radiação**. Dessa forma, o deslocamento de um radioisótopo pode ser acompanhado e seu percurso ou "caminho" ser "traçado" num mapa do local. Por esse motivo, recebe o nome de **traçador radioativo**.

Traçadores Radioativos - Radioisótopos que, usados em "pequeníssimas" quantidades, podem ser "acompanhados" por detectores de radiação.

MEDICINA NUCLEAR

A **Medicina Nuclear** é a área da medicina onde são utilizados os radioisótopos, tanto em diagnósticos como em terapias.

Radioisótopos administrados a pacientes passam a emitir suas radiações do lugar (no caso, órgão) onde têm preferência em ficar.

Um exemplo prático bem conhecido é o uso do **iodo-131 (I-131)**, que emite partícula beta, radiação gama e tem meia-vida de oito dias.

O elemento iodo, radioativo ou não, é absorvido pelo organismo humano preferencialmente pela glândula tireóide, onde se concentra. O funcionamento da tireóide influi muito no comportamento das pessoas e depende de como o iodo é por ela absorvido.

O fato de ser radioativo não tem qualquer influência no comportamento de um elemento químico em relação aos demais elementos.



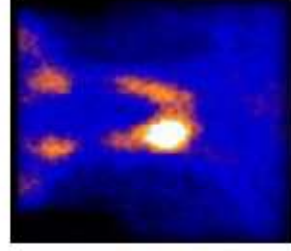
Para diagnóstico de tireóide, o paciente ingere uma solução de iodo ¹³¹I, que vai ser absorvida pela glândula. "Passando" um detector pela frente do pescoço do paciente, pode-se observar se o iodo foi muito ou pouco absorvido em relação ao normal (padrão) e como se distribui na glândula.

O detector é associado a um mecanismo que permite obter um "desenho" ou **mapeamento**, em preto e branco ou colorido, da tireóide.

Um diagnóstico, no caso um **radiodiagnóstico**, é feito por comparação com um **mapa padrão** de uma tireóide normal.

A mesma técnica é usada para mapeamento de fígado e de pulmão.

Exemplo de radiodiagnóstico da tireóide, utilizando-se o iodo-¹³¹I. A área mais brilhante indica maior concentração do radioisótopo



OS RADIOISÓTOPOS NA MEDICINA

Os radioisótopos usados em medicina no Brasil são em grande parte, produzidos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, da CNEN, em São Paulo.

O tecnécio-99 (Tc-99m) é utilizado, para obtenção de mapeamentos (cintilografia) de diversos órgãos

- cintilografia renal, cerebral, hepato-biliar (fígado), pulmonar e óssea;
- diagnóstico do infarto agudo do miocárdio e em estudos circulatórios;
- cintilografia de placenta.



Gerador de Tecnécio

Outro radioisótopo, o Samário-153 (Sm-153), é aplicado (injeto) em pacientes com metástase óssea, como paliativo para a dor.

Esses produtos são distribuídos semanalmente pelo IPEN para os usuários.

A RADIOTERAPIA

A radioterapia teve origem na aplicação do elemento **rádio** pelo casal Curie, para destruir células cancerosas, e foi inicialmente conhecida como "Curieterapia". Posteriormente, outros radioisótopos passaram a ser usados, apresentando um maior rendimento. O iodo-¹³¹I também pode ser usado em terapia para eliminar lesões, identificadas nos radiodiagnósticos da tireóide, aplicando-se, no caso, uma dose maior do que a usada nos diagnósticos

O iodo radioativo apresenta as características ideais para aplicação em Medicina, tanto em diagnóstico como em terapia:

- tem meia-vida curta;
- é absorvido preferencialmente por um órgão (a tireóide);
- é eliminado rapidamente do organismo;
- a energia da radiação gama é baixa.

Fontes radiativas (= fontes de radiação) de célio-137 e cobalto-60 são usadas para destruir células de tumores, uma vez que estas são mais sensíveis à radiação do que os tecidos normais (sãos).

Radioterapia = tratamento com fontes de radiação.

Um dos aparelhos de radioterapia mais conhecidos é a **Bomba de Cobalto**, usada no tratamento contra o câncer, e que nada tem de "bomba" (não explode). Trata-se de uma fonte radiativa de cobalto-60 (Co-60), encapsulada ou "**selada**" (hermeticamente fechada) e blindada, para impedir a passagem de radiação. Até bem pouco tempo, para este fim, eram utilizadas fontes de célio-137, que foram substituídas pelas de cobalto-60, que, entre outras razões técnicas, apresentiam maior rendimento terapêutico.

No momento da utilização, a fonte é deslocada de sua posição "segura", dentro do **cabecote de proteção** (feito de chumbo e aço inoxidável), para a frente de um orifício, que permite a passagem de um **feixe de radiação**, concentrado sobre a região a ser "tratada" ou **irradiada**. Após o uso, a fonte é recolhida para a posição de origem ("segura").



Deve ficar bem claro que

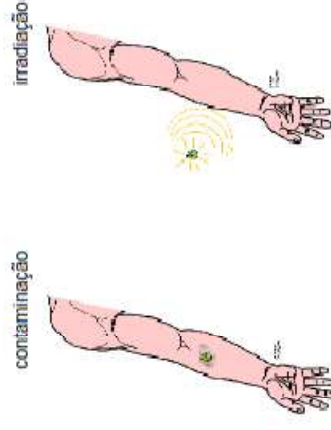
um objeto ou o próprio corpo, quando irradiado (exposto à radiação) por uma fonte radiativa, **NÃO FICA RADIOATIVO**.

É muito comum confundir-se **irradiação** com **contaminação**.

A **contaminação** se caracteriza pela presença de um material indesejável em determinado local.

A **irradiação** é a **exposição de um objeto ou de um corpo a radiação**.

Portanto, pode haver irradiação sem existir contaminação, ou seja, sem contato entre a fonte radiativa e o objeto ou corpo irradiado. No entanto, havendo contaminação radioativa (= presença de material radioativo), é claro que haverá irradiação do meio contaminado. Não se deve confundir o efeito (construtivo ou destrutivo) da radiação com o fato de tornar radioativo um material, só possível por outros processos (em Reatores Nucleares ou aceleradores de partículas).



Efeitos das bombas atômicas sobre Hiroshima e Nagasaki

As bombas atômicas foram lançadas pelos Estados Unidos no Japão, nos dias 6 e 9 de agosto de 1945, nas cidades de **Hiroshima** e **Nagasaki**, durante a Segunda Guerra Mundial. Atribui-se o lançamento das bombas à negativa japonesa de se render e à tentativa americana de evitar uma invasão territorial do Japão. Esse ato foi considerado um crime de guerra.

Justificativas e críticas

Segundo o discurso oficial defendido pelos Estados Unidos, o lançamento das bombas atômicas sobre o Japão foi consequência da negativa japonesa em se render de acordo com os termos estipulados na **Declaração de Potsdam**. Os americanos queriam evitar uma possível invasão por terra do Japão porque isso resultaria em milhares de mortos por causa da dura resistência japonesa nos combates. Do ponto de vista americano, o uso das bombas, apesar de cruel, poupou inúmeras vítimas – principalmente americanas – e antecipou o final da guerra, acabando com a agonia japonesa.

Muitos afirmam que o uso das bombas só ocorreu como uma demonstração de força americana para os soviéticos no contexto da Guerra Fria, que já se delineava no mundo com o final da Segunda Guerra na Europa. Críticas também foram realizadas por aqueles que consideraram o uso das bombas desnecessário, uma vez que o Japão era uma nação falida e não suportaria mais a manutenção da guerra.

Efeitos das bombas

A bomba de Hiroshima, lançada em 6 de agosto de 1945, às 8:15 da manhã, causou uma destruição imensa. Charles Pellegrino afirma que a pessoa mais próxima da explosão da bomba foi a **senhora Aoyama**, que foi instantaneamente vaporizada pelo efeito da explosão. Veja os detalhes da morte dela no relato a seguir:

Desde o momento em que os raios começaram a atravessar seus ossos, sua medula começaria a vibrar a mais de cinco vezes o ponto de ebulição da água. Os ossos ficariam instantaneamente incandescentes, e toda a sua pela tentaria, ao mesmo tempo, explodir e desgrudar-se do esqueleto, enquanto era forçada na direção do chão como se fosse um gás comprimido. Durante os primeiros três décimos de segundo à detonação da bomba, a maior parte do ferro seria separada do sangue da senhora Aoyama, como por refinaria atômica. [...] Quando o som da explosão chegasse a seu filho Nenkai, a dois quilômetros dali, toda a substância do corpo da sua mãe, incluindo o ferro do sangue e o cálcio [...], estaria subindo à estratosfera para se tornar parte das estranhas tempestades radioativas que perseguiriam Nenkai e outros sobreviventes.

Outras vítimas próximas a bombas tiveram sua **sombra impressa** em paredes que permaneceram de pé. A partir daí, uma nuvem de calor varreu Hiroshima, trazendo grande destruição material sobre a cidade. Os sobreviventes relatam a respeito de um forte **clarão** quando a bomba explodiu, e alguns se lembram de um forte som. Apesar da grande destruição, a bomba de Hiroshima foi considerada um fracasso, pois não alcançou nem metade do potencial esperado.

Após a explosão, os impactos e os efeitos da bomba espalharam-se de maneira mais rápida que o corpo humano pudesse reagir. A professora Arai, que examinava papéis de caligrafia de seus alunos, contou que a **radiação** imprimiu os caracteres em preto definitivamente sobre seu rosto. Ela sobreviveu, mas todos seus alunos morreram.

Os **sobreviventes** relataram o horror que se espalhou pela cidade. As pessoas estavam feridas de todas as formas possíveis. Locais

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 2 – Texto 1

com vidraças tornaram-se mortais, pois o impacto da explosão fez com que os cacos de vidros fossem lançados sobre as pessoas a velocidades altíssimas. Há relatos de sobreviventes com inúmeros cacos de vidro espalhados pelo corpo.

Outro efeito da bomba sobre as pessoas foi as queimaduras causadas pela nuvem de calor que se espalhou pela cidade. Os relatos mais fortes falam de pessoas com a pele derretida presa ao corpo. Outros afirmam que pessoas tiveram as órbitas oculares derretidas pelo calor. Alguns, com ferimentos menos graves, tiveram que lidar durante meses com queimaduras no corpo que não se curavam (efeito da radiação).

Nos dias seguintes, nuvens de moscas espalharam-se pela cidade, e as larvas proliferavam-se pelos ferimentos das pessoas. Apesar de tudo, os poucos médicos sobreviventes logo identificaram que as larvas nas feridas auxiliavam no salvamento de vidas, já que se alimentavam da carne podre, o que impedia o desenvolvimento de um quadro infeccioso nas vítimas.

Radiação

Muitos, por sorte, sobreviveram sem nenhum tipo de ferimento ou com ferimentos leves. Entretanto, não somente o calor da bomba fez mortos. A **radiação** foi um inimigo que perseguiu ferozmente os sobreviventes.

A quantidade de radiação espalhada por ambas as cidades era grande demais para o corpo humano resistir. Assim, muitos morreram poucas horas depois da explosão, como foi o caso do filho mais novo da senhora Matsuyanagi, conforme o relato:

Enquanto percorriam a pilha de escombros que havia sido sua escola, os filhos da senhora Matsuyanagi já se

sentiam mal. O mais novo tinha ido para a escola com fome, mas, depois dos efeitos dos raios e dos feixes de partículas, perdeu a vontade de comer. Quando sua mãe finalmente o encontrou, ele havia sido tomado por náuseas secas e convulsões. Em questão de minutos, os braços da criança ficaram pretos e azuis, e ele começou a sangrar, apesar da aparente falta de ferimentos.

Isso aconteceu repetidamente com várias outras pessoas. Algumas demoraram horas para morrer; outras, dias. Os poucos médicos que sobreviveram trabalharam em ritmo frenético e sem materiais adequados para ajudar os sobreviventes. Os que não morreram com a radiação levaram uma vida de doenças repentinas, sobretudo câncer.

Rendição Japonesa

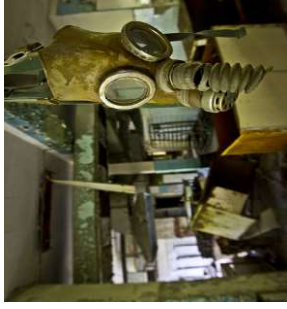
Após o uso das bombas atômicas, o Japão rendeu-se em 14 de agosto de 1945, oficializando a rendição no dia 2 de setembro com a assinatura da ata pelo imperador Hirohito no navio USS Missouri.

Texto disponível em: <
<https://brasilescola.uol.com.br/historiag/efeitos-das-bombas-atomicas-sobre-hiroshima-nagasaki.htm> >

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 2 – Texto 2

Acidente de Chernobyl e a energia nuclear



Máscara contra a radiação dependurada em zona de exclusão em Chernobyl

Na madrugada do dia 26 de abril de 1986, uma sequência de explosões ocorreu na usina nuclear de **Chernobyl**, localizada na **Ucrânia**, República federada à URSS, resultou em um dos maiores acidentes químicos e nucleares da história.

Uma primeira explosão de vapor no reator número 4, também conhecido como Chernobyl-4, e o incêndio resultante levaram a uma sequência de explosões químicas que gerou uma imensa nuvem radioativa de **iodo-131** e **césio-137** que alcançou a União Soviética, Europa Oriental, Escandinávia e Reino Unido. Ao contrário do que comumente se afirma, não houve explosão nuclear em Chernobyl.

As causas do acidente são tanto humanas quanto técnicas e ocorreram durante a realização de testes de segurança no reator. O reator foi destruído, matando no momento cerca de 30 trabalhadores que se encontravam no local, sendo que nos três meses seguintes vários trabalhadores morreram em decorrência do contato com os materiais radioativos.

Entretanto, em virtude da propagação da nuvem radioativa, milhões de outras pessoas sofreram as consequências do contato com o iodo e o césio liberados na explosão, resultando em doenças e más-formações das pessoas nascidas de mães e pais contaminados.

As áreas que mais foram afetadas foram a Rússia, Ucrânia e Bielorrússia, sendo que este último país concentrou 60% do pó radioativo em seu território. O acidente de Chernobyl foi mais radioativo que as duas bombas atômicas lançadas pelos EUA ao final da II Guerra Mundial nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki.

À época, o acidente não foi informado pelo governo soviético imediatamente. Mesmo Kiev, capital da Ucrânia, estando localizada a 130 quilômetros da usina de Chernobyl, um grande desfile do 1º de maio foi realizado na cidade, dias após o acidente. As milhares de pessoas que compareceram ao desfile tiveram contato com a nuvem radioativa sem terem conhecimento do fato.

De abril até agosto de 1986 milhares de trabalhadores de toda a URSS trabalharam para a construção de um sarcófago para impedir a propagação da radiação. A usina encontra-se hoje desativada e isolada, sendo proibida a entrada de pessoas. Sua desativação completa ocorrerá apenas no ano de 2065, quando os níveis de radiação provavelmente terão voltado ao normal.

O acidente serviu de combustível para o fortalecimento das manifestações contra a utilização de energia nuclear, já que os resultados dos acidentes são extremamente nocivos aos seres humanos e às demais formas de vida no planeta. Outros dois acidentes em usinas nucleares também se aproximaram do que ocorreu em Chernobyl: em março de 1979, em Three Mile Island, na Pensilvânia, EUA; e em março de 2011, em Fukushima, no Japão, após um tsunami atingir a usina do local.

Texto disponível em: < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/historiageral/acidente-chernobyl.htm> >

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 3 – Texto 3

Acidente com Césio-137 em Goiânia

No mês de setembro de 1987, provavelmente no dia 13, teve início o que foi considerado o maior acidente radioativo do Brasil e o maior acidente radioativo do mundo fora de usinas nucleares: o acidente com Césio-137 em Goiânia.

O Césio-137 é um isótopo radioativo do elemento químico césio que é usado em equipamentos de radiografia. Ele era usado na forma de um sal — o cloreto de césio (CsCl) — pelo antigo Instituto Goiano de Radioterapia (IGR), que o guardava dentro de uma bomba ou cápsula revestida de uma caixa protetora de aço e chumbo.

Quando esse hospital foi desativado, os rejeitos radioativos não receberam o destino adequado, mas ficaram entre os escombros. Com isso, essa cápsula com césio foi encontrada por dois sucateiros, que a violaram e venderam-na para um ferro-velho, cujo dono era Devair Alves Ferreira.

No ferro-velho, Devair abriu a caixa que continha a cápsula a fim de aproveitar o chumbo, mas ao fazer isso ele liberou para o meio ambiente cerca de 19g de cloreto de césio-137.

Esse acidente mostrou o quanto pode ser perigoso a manipulação sem conhecimento e preparo de materiais radioativos. Esse sal emite um brilho azulado muito bonito, o que encantou o dono do ferro-velho que acabou distribuindo o material a amigos e familiares. Alguns chegaram até mesmo a passar o cloreto de césio-137 na pele.

O irmão de Devair, Ivo Alves, levou um pouco do material radioativo para casa, e sua filha, Leide das Neves Ferreira, brincou com ele e depois foi comer sem ter lavado as mãos, ingerindo pequenas quantidades de césio-137.

Em virtude da falta de conhecimento da população, dezenas de pessoas foram contaminadas, e os primeiros sintomas que apareceram apenas algumas horas depois foram náuseas, vômitos, tontura e diarreia.

A esposa de Devair suspeitou do material e levou partes da bomba para a sede da Vigilância Sanitária. No dia 29 de setembro de 1987 foi dado o alerta de contaminação radioativa. Em 23 de outubro, Leide das Neves morreu, passando a ser considerada a maior fonte humana de radiação. Ela, que teve que ser enterrada em um caixão de chumbo, tornou-se símbolo dessa tragédia que os moradores de Goiânia nunca esqueceram.

A partir de então, teve início uma força-tarefa para remover os objetos contaminados e tratar as vítimas. Os dados apontam que 249 pessoas foram examinadas e, destas, 22 foram isoladas em razão da alta taxa de contaminação. Passaram a receber monitoramento 129 pessoas, e 14 estavam com um quadro clínico muito grave. Houve quatro vítimas fatais poucas semanas depois: a primeira foi Leide das Neves, conforme já dito; a segunda foi sua tia, esposa de Devair, Maria Gabriela Ferreira; e os outros dois foram jovens de 18 e 22 anos que eram funcionários do ferro-velho. Devair foi tratado no Hospital Navarro Marcílio Dias, no Rio de Janeiro, mas morreu sete anos depois.

Os rejeitos do acidente com césio-137 chegaram a um volume de sete toneladas, que foram colocadas em tambores envoltos por concreto e depositadas em Abadia de Goiás, a 25 km do centro de Goiânia. Esses rejeitos foram colocados em uma espécie de piscina de concreto impermeabilizada que foi coberta por concreto e vegetação. Esse lixo atômico envolve plantas, animais, materiais de construção e objetos provenientes do hospital abandonado, do ferro-velho e de toda a vizinhança.

Nos anos subsequentes, outras pessoas também morreram em razão da exposição à radiação. Além disso, muitos carregam traços deixados pela radiação.

Texto disponível em: < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/acidente-com-cesio137-goiania.htm> >

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 2 – Texto 4

Entenda o acidente nuclear em Fukushima, no Japão



Cartaz, mostrando o símbolo da energia nuclear, na área que foi contaminada pelo Césio 137. (Crédito: Foto: João Rami)

O terremoto de 8,9 graus na escala Richter e o tsunami que abalaram o Japão na madrugada do último dia 11 de março (horário de Brasília) provocaram danos na usina nuclear de Fukushima, localizada na região nordeste da ilha. Vazamentos radioativos foram registrados e um iminente desastre nuclear mobilizou a comunidade internacional.

No momento do terremoto, 11 usinas localizadas na região entraram em processo de desligamento. Como parte do procedimento, os reatores precisam ser resfriados, uma vez que a fissão nuclear permanece ocorrendo mesmo após a interrupção na geração da energia.

Cerca de uma hora depois do tremor, a usina de Fukushima foi atingida pelo tsunami. O sistema de resfriamento foi avariado e os técnicos japoneses passaram a adotar medidas alternativas, como a injeção de água do mar nos reatores. Mesmo assim, três explosões se sucederam a última delas na manhã da segunda-feira (14).

Segundo informações do governo japonês, houve vazamento radioativo, mas os reatores estão preservados. Os níveis de radiação no entorno da usina superaram em oito vezes o limite de segurança, forçando a evacuação da população em um raio de 20 km ao redor da

usina.

Segundo Laércio Vinhas, diretor de Radioproteção e Segurança Nuclear, da Comissão Nacional de Energia Nuclear brasileira, as medidas tomadas pelo governo japonês estão de acordo com o manual de operações para crises em usinas.

Em Fukushima, explica o especialista, as explosões ocorreram quando a água usada para o resfriamento se tornou vapor de alta temperatura - liberando hidrogênio, altamente inflamável. Ainda que o reator seja danificado, Vinhas acredita que o acidente não deverá atingir grande magnitude. "Ainda sabemos pouco sobre a dimensão dos acontecimentos.

Mas mesmo com o núcleo exposto, a estrutura da usina japonesa tem capacidade para evitar uma exposição exagerada. Caso isso ocorra, as consequências serão bem locais", afirma.

Vinhas afirma que não é possível comparar o acidente de Fukushima ao ocorrido em Chernobyl, na Ucrânia, em 1986. "Naquele caso, as estruturas eram defasadas. E o acidente aconteceu com o reator em funcionamento", explica o diretor. O evento do Japão é mais parecido com o acidente na usina Three Mile Island, em 1979, nos Estados Unidos", avalia Vinhas.

Na ocasião, em TMI, não houve vítimas nem vazamento de radiação para além dos limites da usina. No entanto, no Japão, com o acidente ainda fora de controle e dificuldade das autoridades em mensurar seus efeitos, os estragos podem ser maiores.

Texto disponível em: <
<https://novaescola.org.br/conteudo/261/entenda-o-acidente-nuclear-em-fukushima-no-japao> >

