

**PRODUTO EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE POR MEIO DE
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM UMA ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E
SOCIEDADE (CTS)**



Thaiz Regina Antiszko

Elenise Sauer

Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira

PONTA GROSSA

2016

**PRODUTO EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE POR MEIO DE
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM UMA ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E
SOCIEDADE (CTS)**



Produto Educacional elaborado por Thaiz Regina Antiszko como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia, do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Ponta Grossa.

Orientação Prof.^a. Dr^a. Elenise Sauer.

Co-orientação Prof.^a. Dr^a. Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira

PONTA GROSSA

2016

TERMO DE LICENCIAMENTO

Este Produto Educacional está licenciado sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, Califórnia 94105, USA.



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Momentos da sequência didática para o ensino de radioatividade numa abordagem CTS	9
Figura 2 - Esquema de uma sequência didática	10
Figura 3 - Slide 1: História da radioatividade	13
Figura 4 - Slide 2: Descoberta dos Raios-X	14
Figura 5 - Slide 3: Estudos de Becquerel	15
Figura 6 - Slide 4: Estudos de Pierre e Marie Curie	16
Figura 7 - Slide 6: Repercussão da descoberta do rádio	17
Figura 8 - Slide 6: Produtos que tiveram a adição de rádio	18
Figura 9 - Slide sobre datação de fósseis	42
Figura 10 - Slide sobre utilização da radioatividade na medicina	43
Figura 11 - Slide sobre a utilização da radioatividade na agricultura e conservação de alimentos	44

Sumário

1 APRESENTAÇÃO: O QUE É ESTE PRODUTO EDUCACIONAL?	5
2 REFERENCIAL TEÓRICO	6
3 ESTRUTURA DAS AULAS E AVALIAÇÃO.....	9
4 ROTEIROS	11
APRESENTAÇÃO INICIAL	11
PRODUÇÃO INICIAL:	11
História da radioatividade: construção de uma linha do tempo	12
MÓDULO 1:	19
Discussão e análise sobre a linha do tempo sobre a História da Radioatividade	19
MÓDULO 2:	20
Reportagens sobre energia nuclear/ discussão do funcionamento/ conteúdo específico	20
MÓDULO 3:	38
Vídeos sobre acidentes radioativos/ conteúdo específico.....	38
MÓDULO 4	41
Sequência de imagens e textos a respeito dos benefícios da radioatividade...	41
MÓDULO 5:	44
Poluição causada pela radiação/ conteúdo específico	45
PRODUÇÃO FINAL.....	46
5 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	49

1 A PRESENTAÇÃO: O QUE É ESTE PRODUTO EDUCACIONAL?

Caro professor (a), este produto educacional tem como objetivo auxiliar professores de Química da educação básica no ensino de radioatividade. É resultado de um estudo realizado por meio do Mestrado Profissional em Ensino de Ciência e Tecnologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná . Campus Ponta Grossa, desenvolvido pela professora Thaiz Regina Antiszko, sob a orientação da professora Dr^a Elenise Sauer e coorientação da professora Dr^a Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira.

O material foi produzido a partir de pesquisa com 18 alunos do 2º ano do Ensino Médio, de uma escola Estadual do interior da cidade de Ivaí, partindo de uma pesquisa qualitativa de natureza interpretativa, com observação participante.

O que se propõe neste produto educacional é apresentar uma sequência didática composta por oito (8) momentos, para contribuir no ensino de radioatividade por meio de uma abordagem CTS, afim de promover momentos de discussão e reflexão sobre a relação que a radioatividade possui com a Ciência, Tecnologia e Sociedade.

As atividades apresentadas neste produto educacional são um exemplo de como o conteúdo de radioatividade pode vir a ser trabalhado em sala de aula. Caberá ao professor analisar a melhor forma de levar estas atividades para a sua sala de aula, tendo a liberdade de adaptar estas atividades de acordo com a sua realidade.

O objetivo deste produto educacional é promover uma melhoria no processo de ensino aprendizagem dos estudantes em um conteúdo específico da disciplina de Química, mas que pode ser adaptado para trabalhar os demais conteúdos desta disciplina. Boa leitura e bom trabalho!

2 RADIOATIVIDADE

O tema radioatividade chama a atenção dos estudantes devido a todo o contexto histórico ao qual está relacionado. O lançamento das bombas nucleares na Segunda Guerra Mundial, o acidente na usina de Chernobyl, com o elemento Césio -137 em Goiânia e o acidente em Fukushima após o tsunami, são alguns exemplos de catástrofes que a radioatividade está presente.

Devido a estas catástrofes, ocasionadas por falhas humanas e técnicas, muitas vezes ocasionadas pela falta de conhecimento sobre o assunto, a radioatividade passou a ser mal vista pela maioria das pessoas. Como muitos só possuem acesso ao tema por meio de de notícias dadas em programas televisivos, esta ideia de que a radioatividade é algo ruim foi adotada como verdadeira, pelo fato de que notícias retratando os benefícios deste tema são raramente vistos na TV.

Esta divulgação de notícias que contemplam somente o uso inadequado da radioatividade ou os acidentes ocasionados por meio da sua utilização faz com que grande parte das pessoas acredite que a radioatividade seja algo extremamente perigoso. Informações obtidas por meios externos são capazes de moldar a opinião dos estudantes, conforme a afirmação de Silva (2009, p.35):

Fatores externos ao contexto de Educação Formal, como, por exemplo, a mídia, são muito mais fortes no sentido de influenciar o cidadão no processo de tomada de decisão, pois essas relações têm dimensões muito maiores e mais abrangentes do que o que se pode perceber no contexto escolar.

De acordo com Russell (2000) a radioatividade é o fenômeno que explica as emissões radioativas emitidas pelo núcleo atômico, que provocam mudanças na sua composição ou estrutura. Estas emissões podem ser de três espécies de raios ou de partículas: alfa, beta e gama.

Elementos radioativos são largamente utilizados em tratamentos medicinais (radioterapia, raios-X), em conservação de alimentos, na geração de energia, além de que a radiação é encontrada em muitos aparelhos eletrodomésticos e eletrônicos, como o micro-ondas e o celular.

Quando se trabalha o conteúdo de radioatividade na disciplina de química é extremamente importante ressaltar todos os meios onde podemos encontrar a presença da

radiação, dando ênfase aos benefícios e os malefícios que o modo com que os conhecimentos da radioatividade são utilizados.

Ensinar química aos estudantes possui um aspecto de extrema importância, porque possibilita a compreensão de situações presentes no dia-a-dia, instiga a curiosidade e faz com que os mesmos construam um pensamento científico, compreendendo os conceitos que estão presentes em produtos, livros e demais itens do nosso cotidiano.

Segundo os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio:

O aprendizado de Química pelos alunos de Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos (BRASIL, 1999, p.31).

A radioatividade é um dos conteúdos de Química que possui diversas relações com temas sociais, científicos e tecnológicos, portanto se faz necessário realizar um ensino que propicie e explanação e a reflexão a respeito destas relações. O aprendizado desta disciplina e dos conteúdos que a ela são pertencentes, deve possibilitar que os estudantes se tornem capazes de tomar decisões autonomamente, conforme abordam os PCNEM.

Deste modo o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), apresenta-se como uma alternativa capaz de promover este ensino, pelo fato de possibilitar que os estudantes percebam a relação que determinado conteúdo possui com a ciência, a tecnologia e a sociedade. O enfoque CTS ~~per~~segue também objetivos como a formação de cidadãos conscientes e críticos, capazes de interagir com a sociedade+(KOEPSEL, 2013, p. 80).

A radioatividade é um conteúdo onde estas relações são possíveis de serem trabalhadas, onde o enfoque CTS irá permitir que estas sejam mais facilmente compreendidas. Palácios et al., (2005, p.125) apresenta que:

[...] os estudos CTS buscam compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto desde o ponto de vista dos seus antecedentes sociais como de suas consequências sociais e ambientais, ou seja, tanto no que diz respeito aos fatores de natureza social, política ou econômica que modulam a mudança científico - tecnológica, como pelo que concerne às repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança.

Nesta perspectiva, a química enquanto disciplina, deve ser trabalhada de forma a contribuir para essa compreensão do contexto científico-tecnológico e para a formação de

cidadãos com opinião e pensamento crítico. Ensinar química com o enfoque CTS, se apresenta como algo que venha a contribuir para cumprir estes objetivos. O conteúdo de radioatividade deve ser abordado no âmbito de esclarecer as consequências de sua utilização, e que possuir conhecimento a respeito do assunto é algo extremamente importante nos dias atuais.

A Química, de acordo com os PCNEM, participa do desenvolvimento científico-tecnológico com importantes contribuições específicas, cujas decorrências têm alcance econômico, social e político. +(BRASIL, 1999, p.239).

Inserir o enfoque CTS nas aulas de química possibilita transformar o ensino desta disciplina, fazendo com que os estudantes percebam as contribuições destacadas pelos PCNEM. Com a utilização deste enfoque professor e aluno caminham juntos para a compreensão dos conceitos científicos. O professor passa a se preocupar com o conhecimento que o aluno possui, para que partindo deste pressuposto, possa fazer com que o próprio aluno mude sua visão a respeito dos fatos científicos.

3 ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: RADIOATIVIDADE/ ABORDAGEM CTS

As atividades propostas neste produto educacional são divididas em oito (8) momentos de uma sequência didática (Figura 1). Vale ressaltar que antes de dar início as atividades, é necessário que o professor conheça o que os estudantes sabem a respeito do assunto. Este conhecimento é que irá desenhar o encaminhamento metodológico que o professor irá seguir.



Figura 1 - Momentos da sequência didática para o ensino de radioatividade numa abordagem CTS

Fonte: Autora numa modificação de Dolz e Schneuwly (2004)

Neste produto educacional o questionário inicial é sugerido como ferramenta para se conhecer as concepções iniciais que os estudantes possuem a respeito da radioatividade, mas este meio pode ser substituído por questionamentos em sala ou demais atividades que o professor achar mais viável.

As atividades propostas foram trabalhadas com 18 alunos do 2º ano do Ensino Médio, durante o 4º bimestre, levando em conta a organização curricular que prevê duas

aulas semanais para a disciplina de Química, foram destinadas 12 aulas divididas em 8 momentos para a execução da sequência. Estas atividades podem ser trabalhadas com um número maior de estudantes, podendo ser adaptadas de acordo com a realidade em que estes se encontram.

De acordo com Dolz e Schneuwly (2004), a sequência didática se caracteriza quanto à divisão em três etapas, num primeiro momento o professor apresenta a situação, para que na sequência obtenha-se a uma produção inicial, a intermediária nos módulos e uma produção final. Faz destaque a apresentação inicial no sentido de revelar ao estudante detalhes do projeto a ser desenvolvido e de esclarecer que será efetivado com a atividade da produção final.

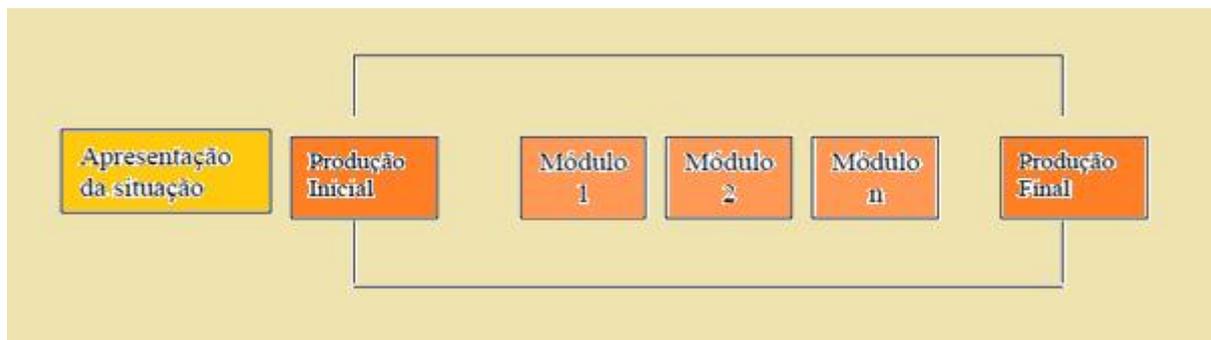


Figura 2 - Esquema de uma sequência didática

Fonte: Dolz e Schneuwly (2004, p.98)

MOMENTO 1

APRESENTAÇÃO INICIAL

Duração: 50 minutos

Objetivos: Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes

Materiais utilizados: Questionário inicial

Desenvolvimento da atividade: Solicitar que os estudantes respondam a um questionário inicial previamente preparado, contendo questões que tornem possíveis a identificação dos conhecimentos prévios destes pelo professor. Exemplo de questionário:

Questionário: Radioatividade

1. Para você o que é radioatividade?
2. Por quais meios você ouviu falar sobre radioatividade?
3. A radioatividade é:
 maléfica.
 benéfica.
 maléfica e benéfica.
 não sei.
4. A radioatividade está presente no seu dia-a-dia? Cite como.
5. Você conhece algum fato importante na história que envolve a radioatividade? Cite qual (is).
6. Você acha que a radioatividade está relacionada com a política e sociedade?
7. Você acha que existe relação entre a radioatividade com Ciência e Tecnologia

MOMENTO 2

PRODUÇÃO INICIAL (PI)

História da radioatividade: construção de uma linha do tempo

Duração: 50 minutos

Objetivos:

- Conhecer os principais cientistas e os fatos históricos mais marcantes.
- Abordar a descoberta dos elementos radioativos e como isso repercutiu na sociedade da época.
- Solicitar a confecção de uma linha do tempo a respeito da história da radioatividade.

Materiais utilizados: Livro didático Peruzzo e Canto (2006. p.324-325), artigo %Marcos da história da radioatividade e tendências atuais+(XAVIER et al., 2007), artigo %O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX+(LIMA; PIMENTEL; AFONSO, 2011), Tv e pendrive.

Metodologia: Aula expositiva e dialogada

Desenvolvimento da atividade:

Num primeiro momento apresentar o tema Radioatividade aos alunos para que manifestem seus conceitos prévios e expectativas sobre o estudo por meio do questionamento:

Í - O que significa termo Radioatividade? Î

O símbolo da radioatividade %símbolo+ pode ser exposto para que os estudantes o associem com o tema. Os conceitos apontados pelos alunos podem ser anotados pelo professor no quadro para posterior análise e conexões entre o que os alunos já sabem e os conceitos químicos a serem estudados. Para a apresentação e explicação da definição química de Radioatividade e seu contexto histórico pode ser solicitado a leitura de textos presentes no livro didático e artigos anteriormente citados, ou pode ser utilizado o recurso audiovisual da Tv pendrive com os seguintes slides:

1º Slide (PI)

O que é radioatividade?

Este livro não é o indicado pela SEED. Mas por apresentar uma definição correta dos fatos históricos, foi utilizado. Fica a critério do professor!

A radioatividade é um fenômeno nuclear. Uma reação nuclear é um processo em que o núcleo de um átomo sofre alteração. (PERUZZO; CANTO, 2010, p.326)

História da Radioatividade



Figura 3 - Slide 1: História da radioatividade

Fonte: Super Interessante (2011)

2º Slide (PI)

Apresentar o trabalho e as descobertas de Wilhelm Röntgen, explanando a importância que seus estudos tiveram na evolução dos conceitos da radioatividade. Para isso o professor pode utilizar o artigo [Marcos da história da radioatividade e tendências atuais](#) como suporte.

Explicar que o termo **raios-X** ficou assim definido porque durante um experimento utilizando tubos de raios catódicos, uma placa de material fosforescente (bário) brilhou. Röntgen concluiu que além dos raios catódicos, havia outro tipo de radiação saindo do tubo e como ainda não sabia ao certo que radiação era esta, atribuiu-lhe o nome de raios-X.

No slide é possível que os estudantes observem o experimento que Röntgen realizou utilizando uma chapa fotográfica, a qual ao entrar em contato com os raios-X deixou o interior de sua mão impressionado na chapa.

Descoberta dos "raios-X"



Figura 4 - Slide 2: Descoberta dos Raios-X

Fonte: Crystallography (2014)

3º Slide (PI)

Abordar o trabalho e a descoberta de Henry Becquerel e como o trabalho de Röntgen foi importante para suas pesquisas. O livro didático de Peruzzo e Canto (2010) apresenta os principais marcos de seu estudo.

Henri Becquerel 1896

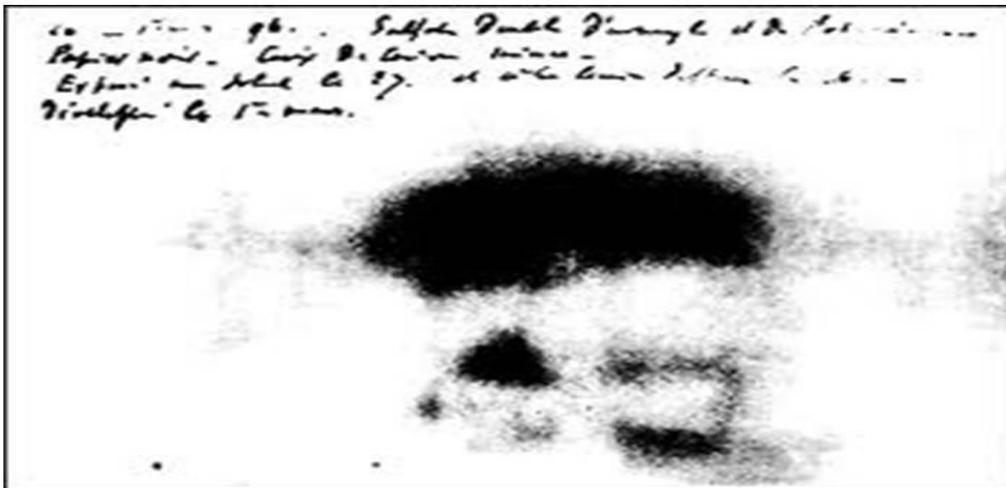


Figura 5 - Slide 3: Estudos de Becquerel
Fonte: Blogspot (2012)

4º Slide (PI)

Pierre e Marie Curie tiveram um papel de destaque na história da radioatividade, pois foram os responsáveis pela descoberta de dois elementos radioativos: rádio e polônio. O professor pode utilizar o livro didático e os artigos anteriormente citados para trabalhar esta parte da história da radioatividade.

Professor: Neste exemplo não foram citados os estudos de Ernest Rutherford na história da Radioatividade, optou-se por trabalha-lo juntamente com partículas radioativas. Cabe ao professor decidir o momento em que deseja inserir este conteúdo no contexto das aulas.

Marie Sklodowska-Curie e Pierre Curie



Figura 6 - Slide 4: Estudos de Pierre e Marie Curie

Fonte: UFGRS (s.d)

5º Slide (PI)

Utilizar o artigo [%0](#) Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX+ como suporte. Nele é retratado a repercussão da descoberta do rádio na sociedade da época. É importante enfatizar a questão da influência de uma descoberta científica no meio social e que nem sempre algo que é proveniente da ciência irá ocasionar somente benefícios a sociedade. Promova momentos de discussão com os estudantes, afim de conhecer quais foram as suas conclusões após a explanação deste assunto.

A repercussão do rádio



"terapia suave do rádio"



Artrite, neurite,
asma,
bronquite,
insônia



**Oh pobres homens fracassados
Imprestáveis para as alegrias da vida,
Seus problemas acabaram,
Vita Radium é a solução!"**
**"O homem está num mau caminho caso esteja
satisfeito em viver sem os prazeres que lhe são de
direito!... Experimente-o e veja que bons
resultados obterá!"**

Figura 7 - Slide 6: Repercussão da descoberta do rádio

Fonte: Lima; Pimentel; Afonso (2011)

6º Slide (PI)

A tabela 1 é encontrada no artigo acima citado. Encerrar a história da radioatividade com a leitura e discussão desta, colocando as consequências que este uso indevido da radioatividade ocasionou nas pessoas da época. Abordar que a partir destes incidentes foi criada uma lei que proibiu o uso de elementos radioativos por pessoas não autorizadas, sendo praticamente restrito a pessoas envolvidas na ciência e na área médica.

Tabela 1: Produtos com radioatividade adicionada e suas finalidades

Produto	Emprego
Coquetel fluorescente para bailes e festas	Impressionar os convidados com os efeitos luminosos
Pasta de dentes	Combater queda prematura de dentes, cáries, ativar a digestão bucal e tornar o esmalte brilhante e luminoso
Roleta de cassino fluorescente	Dificultar fraudes
Cigarros	Prevenir enfermidades pulmonares
Protetor auricular	Manter a higiene e esterilizar o canal auditivo
Sabões	Aumentar a eficiência da lavagem dos tecidos
Lâminas de barbear	Remoção mais confortável dos pelos, amaciando e reduzindo a irritação da pele
Alimentos como cerveja, manteiga, chocolate etc.	Abrir o apetite, aumentando a ação digestiva do estômago
Contraceptivos	Matar espermatozóides e esterilizar a vagina, evitando doenças sexualmente transmissíveis
Goma de amido	Aditivo ao sabão, deixar roupas brancas mais brilhantes
Baralho	Tornar o jogo mais emocionante e divertido
Pomada para calçados	Maior durabilidade do brilho

Figura 8 - Slide 6: Produtos que tiveram a adição de rádio

Fonte: Lima; Pimentel; Afonso (2011)

Depois de trabalhar a história da radioatividade, solicitar aos estudantes que confeccionem uma linha do tempo que aborde a definição de radioatividade e todo o seu contexto histórico, como atividade extraclasse. A linha do tempo pode ser feita por duplas ou trios, podendo ser utilizado o livro didático, internet e demais fontes de pesquisa que os alunos possuírem.

MOMENTO 3

MÓDULO 1

Discussão e análise sobre a linha do tempo sobre a História da Radioatividade

Duração: 50 minutos

Objetivos:

- Verificar quais fatos foram abordados pelos estudantes ao construir as linhas do tempo e se este conteúdo foi compreendido pelos estudantes.
- Promover a interação dos estudantes e a avaliação das linhas do tempo por eles mesmos.
- Avaliar se os estudantes encontraram semelhanças nas suas linhas do tempo com relação a dos seus colegas.

Materiais utilizados: Linhas do tempo confeccionadas pelos estudantes

Desenvolvimento da atividade:

Solicitar que as linhas do tempo confeccionadas sejam redistribuídas, de modo a promover a avaliação destas pelos seus pares. Neste momento solicite que os estudantes avaliem quais aspectos acharam mais interessante e quais foram os itens em comum para todos os estudantes.

Possibilitar que as linhas do tempo sejam avaliadas por todos os estudantes, afim de promover uma maior percepção por estes a respeito dos fatos elencados por cada dupla ou trio. A avaliação destas linhas do tempo se dará pela confecção correta, ou seja, deve apresentar uma cronologia com os fatos que marcaram a história da radioatividade, além de apresentar estes fatos corretamente.

Questione seus estudantes a respeito dos meios que estes utilizaram para obter informações a respeito dos fatos apresentados. Se utilizaram apenas o suporte da aula expositiva, o livro didático ou realizaram uma pesquisa em sites da internet.

MOMENTO 4

MÓDULO 2



Reportagens sobre energia nuclear/ discussão do funcionamento/ conteúdo específico

Duração: 100 minutos

Objetivos:

- Compreender como funciona uma usina nuclear. Analisar os riscos da utilização da energia nuclear, assim como de outros meios de produção de energia.
- Trabalhar o conteúdo específico de fissão e fusão nuclear.
- Promover momentos de debates afim de se discutir os benefícios e os malefícios da energia nuclear.

Materiais utilizados: Reportagens, Vídeos, Tv pendrive.

Desenvolvimento da atividade:

Dividir os estudantes em grupos e fornecer a cada grupo uma das reportagens que abordam a utilização da energia nuclear. Estas reportagens devem ser redistribuídas novamente, de modo que todos os grupos tenham acesso à leitura, possibilitando que todos os grupos tenham acesso a leitura de todas as reportagens.



- **1 Futuro da Energia Nuclear no Brasil:**
<http://www.oeco.org.br/reportagens/24886-futuro-da-energia-nuclear-no-brasil/>
- **2 Projeto nuclear brasileiro prevê construção de quatro novas usinas**
<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2012/06/projeto-nuclear-brasileiro-preve-construcao-de-quatro-novas-usinas.html>
- **3 Energia nuclear evita aquecimento global, diz ex-chefe da agência atômica da ONU**
<http://noticias.r7.com/internacional/noticias/energia-nuclear-evita-aquecimento-global-diz-ex-chefe-da-agencia-atmica-da-onu20120621.html>
- **4 Vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear**
http://www.notapositiva.com/trab_estudantes/trab_estudantes/geografia/10energia_nuclear.htm
- **5 Sobreviventes da bomba atômica no Japão criticam retomada de energia nuclear**
<http://br.reuters.com/article/worldNews/idBRKCN0Q92H820150804>
- **6 Angra 2 reacende o debate sobre a energia nuclear**
<http://www.brasilemdefesa.com/2015/10/angra-2-reacende-o-debate-sobre-energia.html>

Texto 1

Futuro da Energia Nuclear no Brasil:

Por causa do terremoto ocorrido no dia 11, de magnitude 9 na escala Richter, e do forte tsunami que seguiu, os geradores da usina nuclear de Fukushima foram afetados. Assim, o sistema de resfriamento do complexo parou de injetar água nos reatores, o que desencadeou explosões e o temor de vazamentos radioativos a qualquer momento.

Em debate, na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA) da USP, estiveram presentes o organizador do livro, o físico nuclear e professor do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da USP José Goldemberg e Leonam dos Santos Guimarães, assistente do diretor-presidente da Eletronuclear. Na discussão, falou-se sobre o futuro da energia nuclear no Brasil.

"A matriz energética brasileira prevê a expansão do parque nuclear baseada em hipóteses que são irrealistas", disse Goldemberg. Segundo ele, as previsões indicam que o Produto Interno Bruto (PIB) nacional vai crescer junto com a necessidade de energia, enquanto em todos os países da Europa e nos EUA o PIB tem crescido muito mais rápido do que o consumo de energia. "Essa ideia de que nós vamos precisar de tanta energia no ano 2030 e que a energia nuclear é essencial para a matriz energia brasileira é simplesmente incorreta", comentou Goldemberg.

O professor também destaca que o sistema brasileiro precisa de complementação térmica. No Brasil, disse ele, a complementação térmica pode vir tanto de energia nuclear quanto de biomassa e de gás. E as contribuições desses três fatores devem ser pesadas. Isso não significaria que o programa nuclear brasileiro precisaria ser abandonado, mas a expansão dele é altamente questionável. "Com o aumento dos riscos, como se verificou agora, no Japão, é de toda a prudência adotar uma postura como a dos países europeus e rever os programas de expansão nuclear".

Efeitos devastadores

Ricardo Baitelo, coordenador da Campanha de Energias Renováveis do Greenpeace Brasil, defende a abolição do seu uso. "Nosso país depende muito pouco de energia nuclear. Mas nem por isso a gente não poderia reduzir o que já temos. Temos um potencial enorme na geração de outras fontes renováveis, principalmente energia eólica, biomassa, hídrica e solar", afirma.

O Greenpeace realizou um estudo, chamado Revolução Energética, no qual se projetou que o Brasil poderia crescer sem a ampliação das usinas nucleares e até desativando as que a gente têm no futuro, conta Baitelo.

Segundo ele, os efeitos devastadores da energia nuclear não se comparam a nenhum outro tipo de geração energética. "Quando há um grande desastre hidrelétrico ou um acidente numa torre eólica, essas ocorrências vão se restringir a um determinado número de pessoas e locais, o problema da energia nuclear é que a possibilidade de ameaças invisíveis, que podem perdurar por centenas (ou milhares) de anos e se estocar no organismo humano", ressalta. O Greenpeace pede que a construção de Angra 3 seja paralisada e considera, no mínimo, uma revisão do projeto de expansão nuclear em função de novos parâmetros de segurança.

Já Guimarães, da Eletronuclear, não vê nenhum sentido em acabar com a energia nuclear. "Respeito essa opinião, mas não vejo razão nessas posturas radicais", comenta. Em relação a uma reavaliação dos planos futuros do Brasil no tocante à energia nuclear, ele acredita "que não é o caso de uma reanálise do programa, mas, sem dúvida, todos vão considerar o que aconteceu e melhorias serão incorporadas às instalações".

Para ele, o evento que está ocorrendo no Japão não muda em nada o conjunto de premissas, critérios e necessidades que determinam o planejamento energético individual de cada país.

Decisões mais democráticas

O economista José Eli da Veiga aponta que o modo como foi aprovado o projeto de expansão energética brasileira deveria ser mais democrático. %O que não entendo é que não passe pelo Congresso a discussão, por exemplo, sobre se vamos ou não fazer uma quarta usina nuclear. Não estou dizendo que tenha que aprovar uma lei para estabelecer esse plano. O ponto é que nós temos um Congresso que discute coisas muito menos importantes do que essa. E por mais defeitos que o Congresso tenha, ele é sensível a um grito da sociedade+, comenta.

Atualmente, há cerca de 2300 pessoas no canteiro de obras de Angra 3. Se, por um lado, há quem defenda a revisão do plano e até a abolição do uso de energia nuclear, em contrapartida, muitos consideram que o plano não deve ser revisado e até descartam a possibilidade de no futuro ocorrer uma crise nuclear no Brasil.

Goldemberg ainda aponta outra questão do plano energético brasileiro que impacta grandemente na análise da quantidade de energia que deverá ser produzida futuramente, o que está relacionado com a necessidade ou não de mais usinas, sejam nucleares, sejam de outras matrizes. %No plano de expansão brasileiro, a conservação de energia quase não aparece. Mas, por exemplo, de 1973 a 1998, o consumo de energia nos países industrializados da Europa toda seria 50% maior do que ela foi efetivamente. Eles realizaram uma redução considerável do consumo de energia+.

Como disse Sérgio Abranches em artigo publicado esta semana, o real nunca segue o roteiro previsto. Por isso, em meio a tantas controvérsias em torno da energia nuclear, o economista José Eli da Veiga considera %que a discussão precisa ser reaberta, agora com o envolvimento da população+.

Texto 2

Projeto nuclear brasileiro prevê Construção de quatro novas usinas

O Jornal Nacional está exibindo esta semana uma série sobre a produção de energia elétrica. Na reportagem desta quinta-feira (7), nossos repórteres mostraram o papel das usinas nucleares aqui no Brasil, na Europa e no Japão. As noites famosas por letreiros iluminados correm o risco de perder seu brilho no próximo verão. O governo japonês avisou: sem uma economia de energia de 15%, pode haver apagões em julho e agosto em algumas cidades. Isso certamente vai reduzir os investimentos no Japão. Porque, se não tem energia, não tem como segurar investimentos em novas atividades no Japão, alerta o presidente da Renault-Nissan, Carlos Ghosn.

Além de um rastro de destruição no nordeste do país, o tsunami criou um dilema do qual depende o futuro do Japão. Depois que a onda gigante atingiu a central nuclear de Fukushima, os japoneses perderam a confiança nas usinas atômicas, que forneciam 30% da energia consumida no país.

Ao todo, 50 reatores foram desligados para uma reavaliação de segurança. O governo agora tem dificuldade para religá-los por pressão da população, assustada com os perigos da radioatividade.

O preço tem sido alto: o Japão teve que recorrer a termoelétricas, que usam gás e petróleo importados, são poluidoras e não conseguem substituir plenamente a energia nuclear. Quanto o país pode esperar e gastar? A decisão de voltar ou não a confiar na energia nuclear depende dessa resposta.

A Europa tem 186 usinas nucleares, e 18 estão sendo construídas. Desde Fukushima que as vantagens e desvantagens desse tipo de energia voltaram a ser discutidas. A Alemanha surpreendeu ao decidir fechar suas usinas. Para a França, que tem no nuclear 75% da sua matriz energética, essa não é uma opção.

A França está construindo dois novos reatores: um em solo francês e outro na Finlândia. A Grã-Bretanha planeja fazer mais oito para substituir os 16 reatores antigos que ela tem. Tudo até 2025. Na Ucrânia, país da tragédia de Chernobyl, o maior acidente nuclear da história do mundo, estão construindo dois novos reatores. Mas tudo bem devagar. Porque no país, como em toda a Europa, está faltando não urânio, mas um outro combustível bem mais básico: dinheiro. Construídas a partir dos anos 1970, em Angra dos

Reis, as duas únicas usinas nucleares brasileiras geram energia suficiente para atender três milhões de pessoas. O canteiro de obras de Angra 3 tem 3,5 mil trabalhadores só na área de construção civil. O início da operação está prevista para 2015. A capacidade será semelhante à de Angra 2.

E o projeto nuclear brasileiro não para por aí. E deve, inclusive, mudar de ares. Os ventos sopram em direção ao Nordeste. A Eletronuclear abriu um escritório em Recife. Os planos do governo preveem quatro novas usinas. Os estudos de planejamento já mostram a partir da próxima década a necessidade de expansão, de preferência, por fontes limpas. E uma alternativa pode ser a nuclear, diz o secretário-executivo do Ministério de Minas e Energia, Márcio Zimmermann. Energia limpa, inclusive, por ser concentrada em pequenos espaços.

Aqui [na usina de Angra dos Reis] você está vendo 2 mil megawatts instalados. Por exemplo, se você for ver 2 mil megawatts em termos de hidrelétrica, vai ver uma área ocupada em uma ordem 500 vezes maior que essa, compara o engenheiro nuclear Leonam Guimarães, da Eletronuclear. Mas sempre restam temores em relação ao armazenamento dos rejeitos radioativos e a possíveis acidentes naturais, como o de Fukushima. Exigências de segurança cada vez maiores custam caro.

A maior parte dos países que investiam em energia nuclear tinha uma perspectiva de barateamento contínuo daquela tecnologia. Curiosamente, de todas as tecnologias para a geração de energia elétrica, energia nuclear é a única que a cada ano que passa se torna mais cara que no ano anterior, diz o professor da Coppe/UFRJ, Roberto Schaeffer.

Brasil, apesar de ter recursos para construir cerca de 40 reatores equivalentes aos de Angra, e operá-los por 30 anos, não é necessário fazer isso porque temos esse outro conjunto de recursos, diz Ildo Sauer, o diretor do Instituto de Energia da Universidade de São Paulo (USP).

Texto 3

Energia nuclear evita aquecimento global, **Diz ex-chefe da agência atômica da ONU**

A tragédia na usina nuclear de Fukushima, causada pelo devastador tsunami de março de 2011 no Japão, detonou um dilema em todo o mundo com relação à energia atômica: é seguro continuar investindo na produção nuclear?

Mais de um ano depois da catástrofe, cerca de 80 mil pessoas que moravam em um raio de 20 km ao redor da usina ainda não voltaram para suas casas por causa da alta radioatividade.

Apesar dos riscos, o diplomata sueco Hans Blix, um dos maiores especialistas do mundo em energia nuclear, afirma que a produção atômica está cada dia mais segura - além do benefício de ser uma fonte de energia limpa. - [Energia nuclear] não contribui para o aquecimento global. Em entrevista ao R7, em Estocolmo, Blix minimiza a falta de confiança na energia atômica e afirma que os ~~os~~ feitos positivos das catástrofes nucleares são os avanços tecnológicos.

Ex-ministro de Relações Exteriores da Suécia (1978-1979), Blix era o diretor-geral da Agência Internacional de Energia Atômica da ONU (AIEA) quando ocorreu a última grande tragédia nuclear antes de Fukushima. Foi em Chernobyl, na Ucrânia (então União Soviética), em 1986.

A catástrofe causou milhares de mortes por câncer ao longo desses 26 anos. Ainda hoje, o acesso à área de 30 km ao redor da usina é proibido, e o cenário é de abandono. Segundo Blix, entre uma tragédia e outra, muita coisa mudou - e para melhor. Ele explica que Chernobyl, além de causar mortes, ~~foi~~ foi um grande desastre ambiental. Já Fukushima ~~teve~~ teve efeito ambiental, mas menor (comparado a Chernobyl), e não teve mortos vitimados pela radiação.

- As pessoas voam de avião pelo mundo e não pensam em acidente, mesmo sabendo que não é 100% seguro. Da mesma forma, a energia nuclear nunca será 100% segura, mas, com o passar do tempo, ficará cada vez mais próxima disso.

Para Blix, ~~as~~ as lições tiradas em qualquer desastre nuclear deveriam ser lições para prevenir todos os desastres. Ele lamenta, no entanto, que os japoneses não tenham conseguido minimizar os danos em Fukushima.

Reações a Fukushima

A falta de confiança com relação à energia nuclear não é unânime no mundo, explica Blix. Pelo contrário, diz. Enquanto países como Alemanha, Itália, Espanha e Portugal planejam reduzir ou encerrar seus projetos nucleares, outros devem seguir em frente com a produção atômica. Os exemplos são Reino Unido, Polônia, Ucrânia, China, Coreia do Sul e Arábia Saudita. Além do mais, decidir pela produção nuclear não depende apenas da segurança, explica, mas também do aspecto econômico.

No Japão, o acidente em Fukushima obrigou o governo a desligar todos os 50 reatores nucleares para revisão. Mas o primeiro-ministro japonês Yoshihiko Noda prometeu em maio religar parte das usinas, apesar das fortes críticas internas, para proteger empregos e evitar danos à economia. Para se ter uma ideia, antes do terremoto de 2011, quase 30% da energia consumida no Japão vinha da fonte atômica.

Na França, segundo Blix, os fatores são parecidos.

- Você tem reações heterogêneas em relação à Fukushima, aos acidentes que aconteceram. E não é só por causa do medo, é também pela economia. (...) Na França, ainda há uma resistência, o [presidente François] Hollande disse que sim, que eles irão reduzir. Mas é claro que a França ainda depende em grande percentual da energia nuclear (cerca de 75%).

Brasil nuclear ou hidrelétrico?

Além da questão da segurança e da importância econômica, outro fator favorece a produção de energia nuclear: o meio ambiente.

O fato é que todas as outras fontes de energia produzem CO₂. A energia nuclear não.

E o Brasil, diz ele, deveria pensar nisso, já que o poder nuclear não seria tão perigoso no caso do Brasil.

- Você tem o polo de indústria na costa, na região de São Paulo, não precisa ter linhas de transmissão muito longas. (...). Mais usinas nucleares seria a solução. E o Brasil tem muita experiência nisso. Vocês não estão começando do zero.

Segundo Blix, a principal fonte de energia do Brasil, a hidrelétrica, causa consequências ambientais que são grandes.

- No meu país (Suécia), nós temos quatro rios que não foram explorados. E acho que é muito claro: nós não iremos [explorá-los], nós queremos os rios como eles são. Nós temos outros rios que foram explorados para fins hidrelétricos, mas temos esses quatro que permanecem e continuarão intactos. E eu acho que os brasileiros enfrentarão o mesmo problema.

Texto 4

Vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear

Esta energia provém do urânio, principalmente, mas também pode ser do tório e do plutônio, se bem que nos principais casos é do urânio. Existem dois tipos de recursos energéticos utilizados para produzir energia nuclear, o urânio e o tório, dois minérios radioativos, embora seja o urânio o mais utilizado e conhecido, devido as reservas de urânio serem abundantes, o que não se põe em causa o seu esgotamento a curto . médio prazo. O urânio é utilizado como combustível nos reatores nucleares, sob a forma de óxido, de liga metálica, ou ainda, de carboneto.

Certos reatores utilizam o urânio natural, mas a grande maioria, como o caso dos reatores moderados e arrefecidos com água normal, que equipam mais de dois terços das centrais nucleares usam como combustível, o urânio enriquecido. O urânio é um elemento químico de símbolo U e de massa igual a 238 (92 prótons e 146 nêutrons). O urânio quando se encontra a temperatura ambiente encontra-se no estado sólido, este foi o primeiro elemento onde se descobriu a propriedade da radioatividade, foi descoberto em 1978. A mais importante aplicação do urânio é a energética.

Vantagens da Energia Nuclear

A energia nuclear é uma energia não renovável, que como todas as outras tem as suas vantagens e desvantagens. Principais vantagens da energia nuclear:

É um combustível mais barato que muitos outros como por exemplo o petróleo, o consumo e a procura ao petróleo fez com que o seu preço disparasse, fazendo assim, com que o urânio se tornasse um recurso, comparativamente com o petróleo, um recurso de baixo custo.

É uma fonte mais concentrada na geração de energia, um pequeno pedaço de urânio pode abastecer uma cidade inteira, fazendo assim com que não sejam necessários grandes investimentos no recurso.

Não causa nenhum efeito de estufa ou chuvas ácidas.

É fácil de transportar como novo combustível.

Tem uma base científica extensiva para todo o ciclo.

É uma fonte de energia segura, visto que até a data só existiram dois acidentes mortais.

Permite reduzir o déficit comercial.

Permite aumentar a competitividade.

Desvantagens da Energia Nuclear

Apesar das suas vantagens esta energia também tem as suas desvantagens:

Ser uma energia não renovável, como referido anteriormente, torna-se uma das desvantagens, visto que o recurso utilizado para produzir este tipo de energia se esgotará futuramente.

As elevadas temperaturas da água utilizada no aquecimento causa a poluição térmica pois esta é lançada nos rios e nas ribeiras, destruindo assim ecossistemas e interferindo com o equilíbrio destas mesmas.

O risco de acidente, visto que qualquer falha humana, ou técnica poderá causar uma catástrofe sem retorno, mas atualmente já existem sistemas de segurança bastante elevados, de modo a tentar minimizar e evitar que estas falhas existam, quer por parte humana, quer por parte técnica.

A formação de resíduos nucleares perigosos e a emissão de radiações causam a poluição radioativa, os resíduos são um dos principais inconvenientes desta energia, visto que atualmente não existem planos para estes resíduos, quer de baixo ou alto nível de radioatividade, estes podem ter uma vida de até 300 anos após serem produzidos podendo assim prejudicar as gerações vindouras.

Pode ser utilizada para fins bélicos, para a construção de armas nucleares, esta foi uma das primeiras utilizações da energia nuclear, os fins bélicos são a grande preocupação a nível mundial, porque projetos nucleares como o do Irã, que ameaçam a estabilidade econômica e social.

Ser uma energia cara, visto que tanto o investimento inicial, como posteriormente a manutenção das energias nucleares são de elevados custos, até mesmo o recurso minério, visto que existem países que não o possuem, ou não em grande abundância, tendo assim, que comprar a países externos.

O plutônio 239 leva 24.000 anos para ter sua radioatividade reduzida à metade, e cerca de 50.000 anos para tornar-se inócuo.

Os seus efeitos, visto que na existência de uns acidentes, as consequências destes irão fazer-se sentir durante vários anos, visto que a radioatividade continuará a ser libertada durante vários anos.

Texto 5

Sobreviventes da bomba atômica no Japão criticam retomada de energia nuclear

Fukushima, Japão (Reuters) - Quando Atsushi Hoshino buscou reavivar há 30 anos um grupo que representava sobreviventes da bomba atômica na área rural japonesa de Fukushima, no nordeste do Japão, um tópico ainda era tabu: criticar a indústria de energia nuclear que empregava muitas pessoas.

Isso mudou dramaticamente após 11 de março de 2011, quando um grande tsunami devastou a usina nuclear de Fukushima Daiichi, ocasionando derretimento de núcleos, espalhando radiação e forçando dezenas de milhares de residentes a deixar suas casas. "Até então... eu me sentia de alguma forma desconfortável sobre energia nuclear, mas não o suficiente para me opor a ela. Na verdade, eu estava em uma situação onde não era possível me opor a ela", disse Hoshino, de 87 anos, à Reuters, em sua casa na Cidade de Fukushima, a cerca de 60 quilômetros de Fukushima Daiichi, a primeira usina nuclear comercial do país quando tornou-se operacional em 1971.

Agora, Hoshino, um sobrevivente da tragédia de 6 de agosto de 1945, dia do ataque nuclear dos Estados Unidos contra Hiroshima, está entre a maioria dos japoneses que se opõe ao plano do primeiro-ministro japonês, Shinzo Abe, de reativar os reatores desligados após o desastre de 2011.

A usina de Sendai, da Kyushu Electric Power, no sudoeste do Japão, deve voltar a operar em 10 de agosto pela primeira vez em quase dois anos. "Acredito que por conta do risco da energia nuclear e o fato de que seres humanos não podem controlá-la ter se tornado claro, nenhum dos reatores deveria ser religado", afirmou Hoshino.

O presidente do grupo de sobreviventes da bomba atômica em Fukushima, Akira Yamada, disse ter chegado a uma conclusão semelhante. Mesmo assim, ambos estão receosos de comparar os riscos da energia nuclear com o horror de armas atômicas. "Há uma diferença entre o uso militar e o uso pacífico", disse Yamada, que, assim como Hoshino, tornou-se professor na Universidade de Fukushima após a guerra.

Setenta anos após os bombardeios de Hiroshima e Nagasaki, as experiências dos sobreviventes idosos permanecem cauterizadas em suas memórias. Hoshino era um estudante do ensino médio quando um avião norte-americano lançou uma bomba atômica sobre Hiroshima, matando cerca de 140.000 pessoas até o fim do ano. Três dias depois, uma segunda bomba nuclear foi lançada sobre Nagasaki. Em 15 de agosto, o Japão se rendeu.

Texto 6

Angra 2 reacende o debate sobre a energia nuclear

Desde a inauguração oficial de Angra 2, no último mês de julho, a utilização da energia nuclear no Brasil voltou a ser tema frequente na imprensa. Além da antiga polêmica em torno do custo de construção da usina (mais de R\$ 10 bilhões, sendo quase R\$ 7 bilhões de juros), cientistas apontam a necessidade de o país investir em pesquisa e formação especializada nessa área. "Há quinze anos tínhamos mais pessoas preparadas para lidar com energia nuclear do que agora", afirma Anselmo Paschoa, ex-Diretor de Rádio-proteção da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) e professor da PUC-Rio.

Os mais céticos, como Luiz Pinguelli Rosa, vice-diretor da Coordenadoria dos Projetos de Pós-graduação em Energia da UFRJ (Coppe), dizem que há alternativas a serem consideradas além da energia nuclear. "Apenas 25% do potencial hidrelétrico do Brasil é aproveitado", argumenta, em declaração à Folha de São Paulo (23/07/00). Pinguelli ressalta que em Angra 2, para cada quilowatt gerado, são investidos US\$6 mil, enquanto numa hidrelétrica essa relação é de US\$100/kW. O governo justifica a necessidade de construção de usinas nucleares para atender a uma demanda crescente, com projeção de déficit no suprimento de energia já em 2001.

A preocupação mundial em buscar fontes alternativas às convencionais (carvão, petróleo e hidrelétricas) baseia-se no caráter não renovável dos combustíveis fósseis, na tentativa de diminuição da emissão de gás carbônico (CO₂), no aumento da demanda por energia e na escassez, em alguns países, de recursos fósseis e hídricos.

Entre as alternativas para geração de energia em larga escala, a opção nuclear é a de maior custo por causa dos investimentos em segurança dos sistemas de emergência, do armazenamento de resíduos radioativos e do descomissionamento (desmontagem definitiva e descontaminação das instalações) de usinas que atingiram suas vidas úteis. A energia gerada pela recém-inaugurada Angra 2, por exemplo, terá um custo de R\$ 45,00 por MW/h em contraposição aos R\$ 35,00 por MW/h da energia fornecida por uma hidrelétrica.

O longo e custoso processo de implantação das usinas nucleares no Brasil revela o gerenciamento inadequado desta alternativa, fato que aquece ainda mais o debate brasileiro. Angra 2, por exemplo, teve seu custo triplicado devido aos juros pagos e à sua manutenção. O único ponto favorável talvez seja o fato de que a Siemens, fabricante da

maior parte dos equipamentos da usina, atualizou continuamente a tecnologia a partir dos avanços técnicos realizados nesta área na Alemanha. Desde 1976, a empresa forneceu o equivalente a US\$1,27 bilhões em equipamentos e serviços.

Segundo Kleber Cosenza, superintendente de operação da Eletronuclear, a possível construção de Angra 3 teria um custo menor, em torno de R\$2,5 bilhões, pois boa parte do equipamento foi comprado junto com o de Angra 2. Destes, já foram gastos R\$1,3 bilhões em equipamentos comprados com os de Angra 2, na década de 80. Eles representam 60% do que é necessário para a usina e estão estocados no Brasil e na Alemanha. Além do custo, um dos fatores apontados é o baixo aproveitamento dos recursos hídricos no Brasil.

Segundo a Eletronuclear, o objetivo desta fonte alternativa não é o de concorrer, a curto prazo, com as hidrelétricas, e sim o de complementar e diversificar este sistema. Um dos fatos que atestam a necessidade de investimentos em fontes alternativas de energia é a baixa capacidade de expansão da produção hidrelétrica no Sudeste, região de maior consumo do país. As usinas nucleares de Angra podem estabilizar o fornecimento para a região e diminuir riscos de blecautes.

No caso dos recursos hídricos, a maior parte deles concentra-se na região Norte/Amazônia (70%) e Centro Oeste (15%). A exploração deste potencial apresenta inúmeros inconvenientes, como o alto custo de transmissão da energia e o prejuízo ambiental que acarretará. Ao já conhecido impacto sofrido pela população e pelo ambiente nas regiões inundadas, somam-se recentes estudos que apresentam inesperados problemas ocasionados pelas hidrelétricas.

A tese de doutoramento de Marco Aurélio dos Santos em Ciências e Planejamento Energético (UFRJ-Coppe) é um desses estudos. O trabalho, Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa Derivadas de Hidrelétricas, foi defendido em março deste ano e demonstra a liberação de dióxido de carbono e metano (gases causadores de efeito estufa) pela biomassa depositada no fundo dos reservatórios da hidrelétrica.

A energia nuclear, apesar de não colaborar para a emissão desses gases, precisa lidar com o incômodo problema dos resíduos radioativos, que requerem uma solução para o armazenamento a longo prazo e investimentos em segurança, além de implicarem no fantasma de um acidente nuclear. Optar pela energia nuclear no Brasil tem como ponto favorável o fato de possuímos a sexta maior reserva mundial de urânio (cerca de 300 mil toneladas), suficiente para nos assegurar a independência no suprimento de combustível por muito tempo. Além disso, dois terços do território permanecem inexplorados quanto à

presença do metal. No entanto, o Brasil ainda importa o urânio enriquecido (necessário para se fazer o elemento combustível), embora a tecnologia para o enriquecimento já seja aplicada no país, em escala laboratorial, para a produção de combustível de reatores de pesquisa.

Fontes renováveis de energia, como vento, energia solar e biomassa, frequentemente são apontadas pelos ambientalistas como uma alternativa que merece maior atenção. A grande preocupação de grupos como o Greenpeace com a energia nuclear é o risco de acidentes. As fontes alternativas, no entanto, não são capazes de fornecer energia em larga escala e têm a desvantagem de serem dispersas, não fornecerem energia de forma contínua e necessitarem de uma grande área para sua implantação.

HORA DE ASSISTIR VÍDEO



Í Rumos da produção de energia elétrica no Brasil

Exibido pelo Jornal Nacional em 2012. O vídeo é composto por uma série de reportagens que abordam os principais impactos dos meios de produção de energia elétrica.



Série de reportagens discute rumos da produção de energia elétrica no Brasil

Jornal Nacional (2 a 9 de junho de 2012) Apresenta uma série de reportagens que discute rumos da produção de energia elétrica no Brasil.

YOUTUBE.COM

https://www.youtube.com/watch?v=wHj_BWXqkPI



Sugestões de Questões

Após a leitura das reportagens e a exibição do vídeo, questione seus estudantes a respeito da energia nuclear e de sua utilização:

- As usinas nucleares são uma opção viável para produzir energia elétrica?
- Produzir eletricidade por meio de elementos radioativos é um aspecto maléfico ou benéfico a respeito da radioatividade?
- As usinas nucleares são o único método de produção de energia que podem trazer impactos negativos a sociedade e ao meio ambiente?
- Vocês são a favor ou contra a instalação de novas usinas nucleares no Brasil?

Estes questionamentos podem ser feitos em forma de um debate em sala de aula, ou pode-se solicitar que os estudantes escrevam suas respostas a respeito do assunto!

Posteriormente, trabalhar o conteúdo específico de fissão e fusão nuclear. Para isso, o professor pode optar por trabalhar com o livro didático que há em sua escola, já que é acessível a todos os estudantes, ou se preferir, pode levar outras fontes de consulta aos estudantes, desde que seja mais viável e de que contenha uma correta definição e explicação do tema.

- **Fontes de Consulta sobre o Tema:**

Fissão:

<http://portal.if.usp.br/fnc/pt-br/p%C3%A1gina-de-livro/fiss%C3%A3o>

Fusão:

<http://portal.if.usp.br/fnc/pt-br/p%C3%A1gina-de-livro/fus%C3%A3o>

Sugestões de exercícios: fusão nuclear

1. Diferencie fissão nuclear de fusão nuclear?

Fissão é um processo nuclear no qual um núcleo muito pesado (grande) se divide em dois núcleos menores.

A fusão nuclear é um processo em que dois núcleos se combinam para formar um único núcleo, mais pesado.

2. A fissão nuclear do urânio (U-235) ocorre após bombardeamento do mesmo, por nêutrons, segundo a reação em cadeia



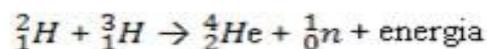
Determine o valor de x e y. $x=92$ $y=94$

3. Quando o urânio-235 é bombardeado com um nêutron, vários produtos de fissão são possíveis. Considere a reação de fissão abaixo:



O coeficiente x na reação é:

- a) 1
b) 2 **x**
c) 3
d) 4
e) Não deve haver nenhum nêutron.
- 4.
5. (UFMA) A bomba de hidrogênio funciona de acordo com a seguinte reação nuclear:



Portanto, podemos afirmar que:

- a) É reação de ~~fusão~~ fusão. **x**
b) É reação de ~~fusão~~ fissão.
c) É reação onde ocorre apenas emissão de partículas ${}_2^4$.
d) É reação onde ocorre apenas emissão de partículas ${}_0^1$.
e) É reação onde ocorre apenas emissão de raios ${}_0^0$.

MOMENTO 5

MÓDULO 3

Vídeos sobre acidentes radioativos/ conteúdo específico

Duração: 100 minutos

Objetivos:

- Compreender os fatores que levaram a ocorrência dos acidentes.
- Diferenciar o nível de contaminação quando a explosão é no solo da atmosfera.
- Compreender o conteúdo específico sobre partículas radioativas alfa, beta e gama.
- Abordar os estudos de Ernest Rutherford.

Materiais utilizados: Vídeos, Tv pendrive.

Desenvolvimento da atividade:

Exibir vídeos a respeito dos acidentes nucleares. É interessante indagar os estudantes sobre os acidentes que mais chamaram a atenção deles quando construíram a linha do tempo, para assim trabalhar com mais ênfase os que mais lhe chamam a atenção.

- **Sugestões de vídeos**

Chernobyl, a cidade fantasma

<https://www.youtube.com/watch?v=n4fBJncwq0A>

Césio 137, o maior acidente radioativo do Brasil

<https://www.youtube.com/watch?v=pH-8NRIQFMw>

Luz Branca, chuva negra: A Destruição De Hiroshima E Nagasaki

<https://www.youtube.com/watch?v=--p1ZVMOUjw>

Leitura Complementar:

Chernobyl

http://www.bbc.com/portuguese/internacional/2016/04/160426_chernobyl_ucrania_aniversario_imagens_fd

Césio137

<http://www.scielo.br/pdf/ea/v27n77/v27n77a17.pdf>

Por que Hiroshima e Nagasaki são habitáveis e Chernobyl não?

http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/08/150808_hiroshima_nagasaki_chernobil_rm

Realizar questionamentos com os estudantes sobre os motivos que levaram a ocorrência dos acidentes. Relacionar a influência da ciência e da tecnologia na sociedade em que vivemos, proporcionando que os estudantes reflitam sobre o fato de que a utilização destes conhecimentos nem sempre irão ocasionar benefícios para a sociedade.

Após exibir os vídeos, trabalhar o conteúdo de partículas radioativas, alfa beta e gama enfatizando a importância do trabalho de Ernest Rutherford para a compreensão destas. Abordar as reações de decaimento além do poder de penetração que cada partícula possui, juntamente com os efeitos que cada uma acarreta sobre o organismo. Para este trabalho o professor pode utiliza-se do livro didático da sua escola, ou dos livros: Química cidadã, Santos e Mól (2013) e Peruzzo e Canto (2006), onde este conteúdo é abordado.



Os sites listados abaixo irão lhe ajudar com relação ao conteúdo específico, poder de penetração e efeitos destas partículas no corpo humano:

Radioatividade: Radiações Alfa, Beta e Gama

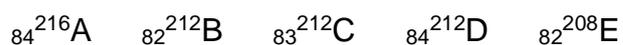
<http://www.marquecomx.com.br/2013/02/radioatividade-radiacoes-alfa-beta-e.html>

Radioatividade (Reações nucleares)

<http://www.agracadaquimica.com.br/index.php?&ds=1&acao=quimica/ms2&i=22&id=513>

Outras sugestões de exercícios

1. (PUC-SP). Na sequência radioativa:



Temos, sucessivamente, emissões:

- a) -1^0 -1^0 -1^0 2^4
b) 2^4 -1^0 -1^0 2^4 **x**
c) 2^4 -1^0 2^4 -1^0
d) 2^4 2^4 -1^0 -1^0
e) -1^0 2^4 2^4 -1^0

2. A transformação do ${}_{88}\text{Ra}^{226}$ em ${}_{84}\text{Po}^{218}$ ocorre com emissão:

- a. Uma partícula alfa.
b. Uma partícula beta.
c. Uma partícula alfa e uma partícula beta.
d. Duas partículas alfa. **x**
e. Duas partículas beta.

3. Quando um átomo do isótopo 228 do tório libera uma partícula alfa, transforma-se em um átomo de rádio, de acordo com a equação a seguir:



Os valores de x e y são, respectivamente:

- a) 90 e 224. **x**
b) 88 e 228.
c) 89 e 226.
d) 91 e 227.
e) 92 e 230.

MOMENTO 6

MÓDULO 4

Sequência de imagens e textos a respeito dos benefícios da radioatividade

Duração: 100 minutos

Objetivos:

- Identificar os aspectos benéficos da radioatividade
- Compreender a diferença entre os malefícios e os benefícios da radioatividade.
- Promover momentos de discussão a respeito do tema.

Materiais utilizados: Tv pendrive, Livro didático

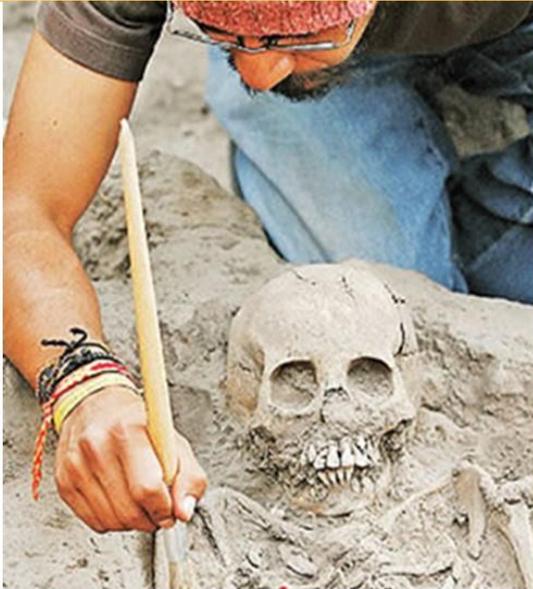
Desenvolvimento da atividade:

Para o trabalho do tema benefícios da radioatividade, utilizar o livro didático Química cidadã, Santos e Mól (2013, p.339-341), ou o livro ao qual se possui acesso na escola. A escolha do livro didático para trabalhar este tema deve levar em consideração se este apresenta os seguintes quesitos: textos com boa apresentação e de fácil compreensão, ricos em exemplos e imagens, com gráficos sobre os níveis de radiação em diversos setores e que forneça subsídios para a realização de discussões em sala de aula.

Durante a explanação do conteúdo, busque dar bastante ênfase na importância de se utilizar elementos radioativos na datação de fósseis, em tratamentos e exames médicos e na conservação de alimentos. É muito importante enfatizar os benefícios da radioatividade para que os estudantes compreendam que este conhecimento científico não é algo ruim, apenas o modo com que é utilizado que pode ocasionar malefícios para a sociedade. Caso o livro didático não contenha imagens com exemplos de onde a radioatividade é utilizada de maneira benéfica, o professor pode utilizar a sequência de slides abaixo, que servirão como ilustrações da utilização benéfica da radioatividade:

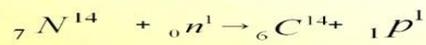
1º Slide

Datação de fósseis através do Carbono-14



Datação de fósseis pela utilização do isótopo 14 do carbono

FORMAÇÃO DO CARBONO - 14



DECAIMENTO RADIOATIVO DO C - 14



CONCENTRAÇÃO DO C - 14 = 10 ppb

- Na cidade de Rivera – Uruguai, fronteira com Santana do Livramento – Brasil, foi achada uma arcada dentária de uma espécie não identificada. Verificou-se que o teor de C-14 na amostra era de 2,5 ppb. Estime há quanto tempo viveu o animal. (C-14 P= 5 730 anos)

Resolução:

$$10 \text{ ppb} \xrightarrow{-5730} 5 \text{ ppb} \xrightarrow{5730} 2,5 \text{ ppb}$$

$$5\,730 + 5\,730 = 11\,460 \text{ anos}$$

Figura 9 - Slide sobre datação de fósseis
Fonte: Souza, 2016/ Slide player

Professor (a) neste slide é possível abordar a revisão de isótopos e principalmente a importância do decaimento radioativo na estimativa da idade de fósseis. Também é importante abordar o tempo de meia vida dos elementos radiativos, assim como os cálculos envolvidos neste conteúdo.



2º Slide

Utilização de elementos radioativos na medicina

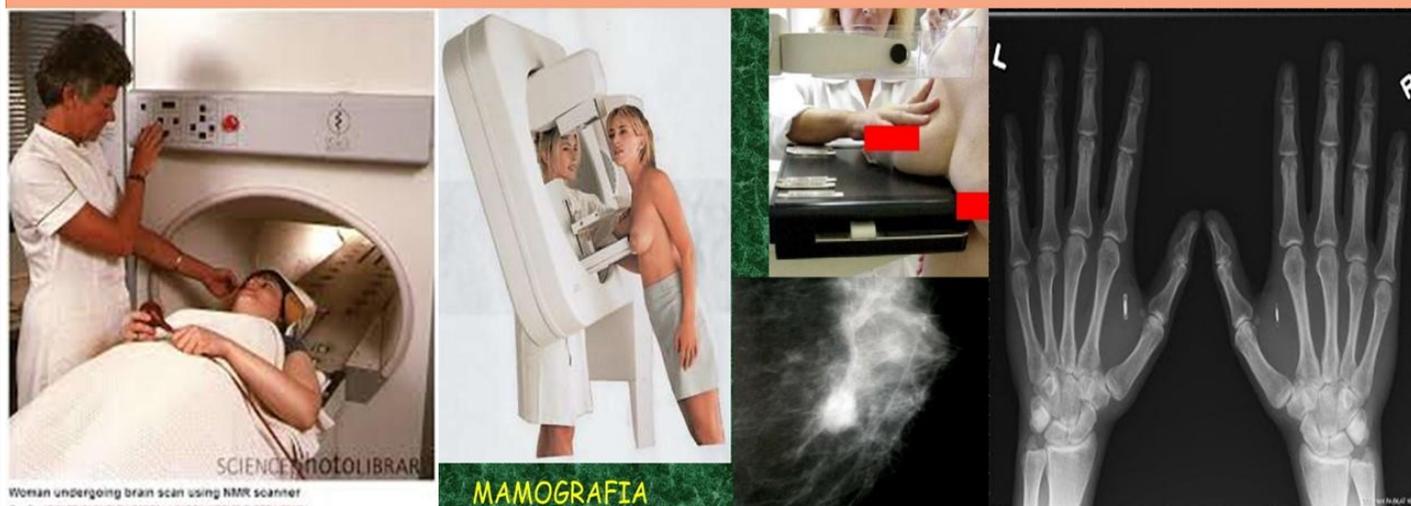


Figura 10 - Slide sobre utilização da radioatividade na medicina

Fontes: Blogspot / Medea, 2010 / Slidshire

Professor (a) neste slide é possível abordar a importância para diagnósticos de várias enfermidades, e assim programar tratamentos com possibilidade de cura ou aumento de longevidade. Além de que é importante ressaltar que os níveis de radiação utilizados nestes tratamentos não irão ocasionar mais problemas no paciente pois combatem apenas as células cancerígenas.



3º Slide

Utilização de radioisótopos na agricultura e na conservação de alimentos



Figura 11 - Slide sobre a utilização da radioatividade na agricultura e conservação de alimentos
Fonte: Mundo Educação (2012)

Professor (a) neste slide é possível instigar os alunos a buscarem outros exemplos de alimentos e como ocorre o processo de irradiação. É importante ressaltar que os níveis de radiação utilizados nestes procedimentos são baixos, o suficiente para durarem o período de transporte dos alimentos e que não irão ocasionar danos à saúde de quem os consumir.



MOMENTO 7

MÓDULO 5

Poluição causada pela radiação/ conteúdo específico

Duração: 50 minutos

Objetivos:

- Identificar os efeitos da poluição da radioatividade.
- Compreender o conteúdo de meia vida
- Retomar o conteúdo de partículas radioativas.

Materiais utilizados: Livro didático, Quadro e Giz

Desenvolvimento da atividade:

Para o trabalho do tema poluição ocasionada pela radioatividade, utilizar o livro didático Química cidadã, Santos e Mól (2013), ou o livro que se possui acesso na escola. Abordar as principais causas da poluição radioativa, assim como os efeitos que esta causa no ambiente e nos seres humanos.

Promova momentos de discussões com os estudantes, permitindo que estes se sintam à vontade para realizar questionamentos e sanar possíveis dúvidas a respeito do tema.

Leitura complementar:

O que é poluição radioativa e como ela pode afetar sua vida?

<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/63/2766-o-que-e-poluicao-radioativa-nuclear-usos-medicina-alimentos-energia-belico-tipos-raios-x-gama-alpha-beta-neutrons-reator-fissao-nuclear-fontes-raios-cosmicos-reactores-prevencao-controle-seguranca-uranio-plutonio.html>

MOMENTO 8

PRODUÇÃO FINAL: DRAMATIZAÇÃO

Duração: 100 minutos

Objetivos:

- Identificar quais aspectos chamaram mais a atenção dos estudantes.
- Avaliar a evolução do pensamento dos estudantes com relação a radioatividade.
- Analisar se os estudantes foram capazes de assimilar a relação da radioatividade com a ciência, tecnologia e sociedade.
- Verificar se a sequência didática contribuiu na aprendizagem dos estudantes.

Materiais utilizados: Materiais para a dramatização, de acordo com a escolha dos estudantes.

Desenvolvimento da atividade:

Explicar para os estudantes que estes deverão realizar uma dramatização, ou seja, deverão encenar um fato marcante a respeito da radioatividade, o qual chamou-lhes mais a atenção e os permitiu sentirem-se mais motivados a estudá-los.

Sua função neste momento professor é servir de apoio nos encaminhamentos necessários para a apresentação da dramatização. A escolha do tema, os ensaios, a divisão ou não da turma em grupos e dos papéis fica a critério dos estudantes. Na primeira aula, após explicar como este processo funcionará, forneça o restante do tempo da aula para que os estudantes se organizem e escolham o tema que irão apresentar na dramatização.

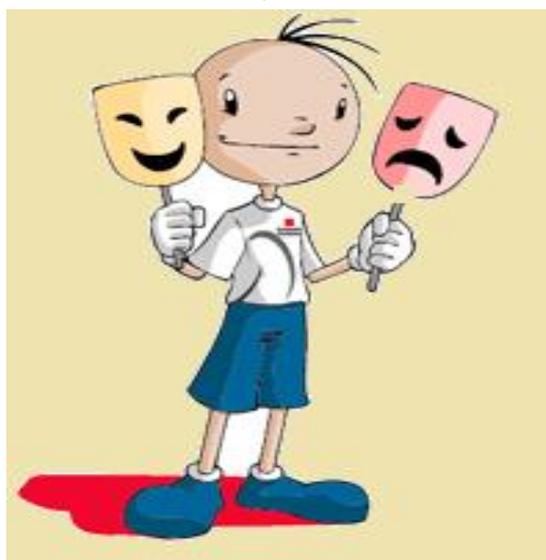
Se os estudantes optarem por apresentar mais de um tema, deixe-os livre para isso, afinal isto demonstra que o modo com que o conteúdo de radioatividade foi trabalhado despertou o interesse dos mesmos.

Avalie se o tema escolhido é algo que representa o lado maléfico ou benéfico dos estudantes e se na dramatização é possível analisar relações da radioatividade com a ciência, a tecnologia e a sociedade. Também é importante avaliar se a turma mudou seu comportamento após a sequência, se o interesse durante as aulas aumentou ou diminuiu após seu desenvolvimento.

Durante a apresentação da dramatização, avalie a distribuição de papéis, tentando perceber (caso houver) se os estudantes que são pouco participativos ganharam papéis importantes na dramatização, ou se estes participaram no processo de confecção e apresentação desta. Este é um momento de perceber quais foram os benefícios do desenvolvimento da sequência didática e como esta influenciou na aprendizagem dos alunos. Um item importante é notar se os estudantes conseguiram compreender o dualismo da radioatividade, estando cientes que a radioatividade não é um conhecimento ruim, apenas o modo com que este conhecimento utilizado é que a caracteriza como benéfica e maléfica.



ESTUDANTES EM AÇÃO



DRAMATIZAÇÃO

5 Caro (a) Professor (a)

O desenvolvimento e a avaliação da sequência didática na abordagem CTS para o ensino de radioatividade no ensino de Química, apresentada neste produto educacional, contemplou diferentes atividades envolvendo as relações do conteúdo científico com o cotidiano dos estudantes, além das relações que a radioatividade possui com a ciência, tecnologia e a sociedade.

Os resultados indicaram contribuições para a compreensão do conhecimento científico e de relações de CTS a respeito do tema, além dos aspectos positivos para motivar os estudantes a refletir e formar opinião sobre as questões científicas e tecnológicas.

A dramatização realizada pelos estudantes como item finalizador foi um ponto de destaque da sequência, ao evidenciar a relação e a compreensão a respeito dos aspectos negativos e positivos da radioatividade.

E, de forma geral, houve contribuição preponderante da abordagem CTS para transposição dos conceitos prévios dos estudantes, para a construção de novos conhecimentos a respeito da radioatividade, assim como, para a percepção das suas diversas e controversas relações na sociedade.

Nesse sentido, caro (a) professor (a), espero que este produto educacional o ajude na sua tarefa de ensinar radioatividade para seus estudantes de nível médio. Que tenha possibilitado a compreensão que a radioatividade é um conteúdo que possui muitas relações com fatos científicos, tecnológicos e sociais e que realizar seu ensino sem estas abordagens e reflexões o torna vago e insuficiente para a realidade em que estamos inseridos.

Nossa tarefa como profissionais da educação é levar cada vez mais conhecimento as salas de aula, afim de promover evolução conceitual aos estudantes. A química como disciplina, contempla conteúdos onde é possível levantar questões a respeito do conhecimento científico e sobre o que de fato é a ciência, sendo a radioatividade um exemplo destes conteúdos.

Os nossos estudantes são as pessoas que ditarão o futuro da sociedade, além das pesquisas científicas. Se faz então necessário ter uma visão interativa e contextualizada das relações entre ciência, tecnologia, inovação e sociedade [...]. Ou seja, a questão não é tanto se a ciência é boa ou não, mas sim se pode melhorar e como+ (SILVEIRA; BAZZO, 2009, p.687).

REFERÊNCIAS

As Ondas Eletromagnéticas e o corpo Humano. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/medea2010esdmibeja/hertzianos/campos-electromagneticos-e-saude-publica>>. Acesso em: 18 out. 2016.

BATISTA, K. **Radioatividade Interessante.** Disponível em: <<http://radioatividadeinteressante.blogspot.com.br/2012/11/tudo-comecou.html>>. Acesso em: 15 out. 2016.

DOLZ, J.; SCHNEUWLY, B. **Gêneros orais e escritos na escola.** Campina, SP: Mercado de Letras, 2004, 278p. (Tradução e organização: Roxane Rojo; Glais Sales Cordeiro).

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros curriculares Nacionais:** ensino médio. Brasília: MEC, 1999.

Crystallography in a nutshell. Disponível em: <<http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/cascara-en.html>>. Acesso em: 16 out. 2016.

Cinética Radioativa. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/2754999/>>. Acesso em: 18 out. 2016.

Dicionário Visual: Trifólio, Super Interessante. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/cultura/dicionario-visual-trifolio/>>. Acesso em: 18 out. 2016.

KOEPSEL, R. **CTS no ensino médio: Aproximando a escola da sociedade.** Dissertação de mestrado. Centro de Ciências da Educação: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

LIMA, R. S; PIMENTEL, L. C. F; AFONSO, J. C. O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX. **Química Nova na Escola**, v. 33, n2, maio, 2011.

Marie Sklodowska Curie. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/verbetes/mariecurie.html>>. Acesso em: 15 out. 2016.

PALACIOS, E. M. G; LINSINGEN, I. V; GALBARTE, J. C. G; CEREZO, J. A. L; LUJAN, J.L; PEREIRA, L. T. V; GORDILLO, M. M; OSORIO, C; VALDÉS, C; BAZZO, W. A. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Cadernos Ibero-America, 2003.

PERUZZO, F.M; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. Editora Moderna, 4.ed. São Paulo, 2010.

RUSSELL, J. B. **Química Geral**. Rio de Janeiro: McGraw-Hill/Makron Books. 2000. v.2.174p.

SILVA, L. C. M. A. **Radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência e Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência**. Dissertação de

Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Universidade de Brasília, 2009.

SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. Ciência Tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, 2009.

SOUZA, L. A. de. **Radioatividade natural e artificial**, Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/radioatividade-natural-artificial.htm>>. Acesso em 18 out. 2016.

_____. **Radioatividade na agricultura**, Mundo Educação. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/radioatividade-na-agricultura.htm>>. Acesso em: 15 out. 2016.

Radioatividade. Disponível em: < <http://pt.slideshare.net/gleicymaralmeida/radioatividade>>. Acesso em: 16 out. 2016.

Radioatividade e Energia nuclear. Disponível em:<<http://ondasdaciencia.blogspot.com.br/p/compreendendo-melhor.html>>. Acesso em: 16 out. 2016.