



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS

PRODUTO EDUCACIONAL

**SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
SOBRE A IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS**

ANA LUIZA BAUMER

JOINVILLE, SC
2017

Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Programa: ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS

Nível: MESTRADO PROFISSIONAL

Área de Concentração: Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias.

Linha de Pesquisa: Ensino Aprendizagem e Formação de Professores

Título: Sequência de Ensino Investigativa sobre a Irradiação de Alimentos

Autor: Ana Luiza Baumer

Orientador: Luiz Clement

Data: 18/07/2017

Produto Educacional: Sequência de Ensino Investigativa

Nível de ensino: Ensino Médio

Área de Conhecimento: Física

Tema: Irradiação de Alimentos

Descrição do Produto Educacional:

Apresentação de uma Sequência de Ensino Investigativa para abordar o conteúdo de Irradiação de Alimentos no Ensino Médio ao longo de doze aulas.

Biblioteca Universitária UDESC: <http://www.udesc.br/bibliotecauniversitaria>

Publicação Associada: Física Moderna no Ensino Médio sob uma Perspectiva Investigativa: a Irradiação de Alimentos

URL: <http://www.cct.udesc.br/?id=2268>

Arquivo	*Descrição	Formato
0012017.pdf	Texto completo	Adobe PDF

Licença de uso: O autor é titular dos direitos autorais dos documentos disponíveis e é vedado, nos termos da lei, a comercialização de qualquer espécie sem sua autorização prévia(Lei nº 12.853, de 2013).

Sumário

Apresentação	4
Delineamento da SEI	5
Aula 1: Proposição da Problemática Central.....	7
Aulas 2 e 3: Mão à Obra!	10
Aulas 4 e 5: Comunicando os resultados	12
Aula 6: O que falta aprender?	13
Quadro Síntese: Irradiação de Alimentos.....	15
Aula 7: O espectro eletromagnético.....	16
Como funciona o forno de micro-ondas?.....	19
Aula 8: Vamos chamá-lo de Raio-X!	22
Texto: Vendo através da pele	24
Questões sobre o texto.....	26
Aula 9: Compreendendo os Raios-X	27
Orientações aos professores	28
Aula 10: Decaindo com os átomos?.....	30
Quebra-cabeça da família radioativa do Urânia.....	31
Quebra-cabeça finalizado da família radioativa do Urânia	31
Quebra-cabeça da família radioativa do Tório	32
Quebra-cabeça finalizado da família radioativa do Tório.....	32
Aula 11: Contextualizando os conhecimentos	33
Aula 12: Respondendo à vovó!	35
Carta de uma avó com dúvidas.....	36
Orientações aos professores.....	38
Sugestões de Leitura.....	41
Referências	43

Apresentação

Olá caro (a) professor(a)!

Este guia apresenta uma Sequência de Ensino Investigativa sobre o conteúdo de Irradiação de Alimentos. Este trabalho é fruto de uma pesquisa de mestrado profissional em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias. A partir de nossas pesquisas, notamos uma demanda em produção de material didático na área de Física Moderna e Contemporânea (FMC), bem como na área de Ensino por Investigação. Decidimos, então, desenvolver uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) utilizando o referencial de Carvalho (2013)¹, sob uma temática ainda pouco abordada em sala de aula, a Irradiação de Alimentos.

Este material é destinado aos professores da educação básica e tem como objetivo oferecer uma proposta de trabalho envolvendo o ensino de FMC, especificamente na Irradiação de Alimentos. Além disso, a Sequência de Ensino está estruturada de acordo com uma perspectiva didático-pedagógica inerente ao Ensino por Investigação.

A seguir apresentamos a SEI e ao final, indicamos alguns elementos que devem estar presentes em salas de aulas investigativas.

Desejamos uma ótima leitura, professor! Esperamos que esta SEI auxilie na abordagem de FMC na sua sala de aula!

¹CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação:** condições para implementação em sala de aula. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013, v. 1, p. 01-15.

Delineamento da SEI

Apresentamos no Quadro 7 o delineamento da SEI sobre a Irradiação de Alimentos. A primeira coluna apresenta a etapa da SEI de acordo com o que Carvalho (2013) aponta. A segunda coluna apresenta o número da aula, a terceira é referente ao foco da aula, a quarta contempla a abordagem conceitual e a quinta indica os recursos didático-pedagógicos que serão utilizados ao longo da implementação da aula.

Quadro 1: Delineamento da Sequência de Ensino Investigativa.

Etapa	Nome	Abordagem conceitual	Material
Proposição do problema	Aula 1: Proposição da Problemática Central	Radiação; Radioatividade; Raios X;	Vídeo; Texto; Problematização;
	Aula 2: Mão à Obra!	Radiação; Irradiação de alimentos;	Textos; Livros; Internet;
	Aula 3: Mão à Obra! (continuação)	Radiação; Irradiação de alimentos;	Textos; Livros; Internet;
	Aula 4: Comunicando os resultados	Irradiação de alimentos;	Audiovisuais;
	Aula 5: Comunicando os resultados	Irradiação de alimentos;	Audiovisuais;
Sistematização	Aula 6: O que falta aprender?	Irradiação de alimentos;	Quadro síntese; Audiovisuais;
	Aula 7: O espectro eletromagnético	Espectro eletromagnético; Micro-ondas;	Cartaz; Texto; Questões;
	Aula 8: Vamos chamá-lo de Raio-X!	Raios X	Radiografias; Texto; Questões;
	Aula 9: Tipos de Radiação: Pensei que fosse um só!	Tipos de radiação;	Questões; Livros; Textos; Internet;
	Aula 10: Decaindo com os átomos?	Decaimento radioativo;	Quebra-cabeça; Questões;
Contextualização e Avaliação	Aula 11: Contextualizando os conhecimentos	Irradiação de alimentos;	Quadro;
	Aula 12: Respondendo à vovó!	Irradiação de alimentos;	Carta;

Fonte: Produzido pela autora.

A SEI é composta por doze aulas. As cinco primeiras aulas estão reservadas para a Proposição do Problema que abrange a apresentação da problemática central da sequência, o levantamento das hipóteses junto aos estudantes, a resolução parcial da mesma, que deve ser realizada pelos estudantes por meio de uma pesquisa em grupos e a apresentação de suas conclusões.

Nas aulas seguintes, conteúdos internos à Física serão discutidos, de maneira que os estudantes compreendam como ocorre a Irradiação de Alimentos. Nesses momentos, é provável que sejam propostas novas questões e que investigações paralelas ao tema central da SEI sejam realizadas. Sendo assim, poderíamos chamar essa etapa de Sistematização e proposição de novos problemas.

Para a realização da etapa de contextualização, o problema central da SEI deverá ser retomado e discutido. Na última aula, apresentamos uma nova situação-problema envolvendo os conceitos estudados ao longo da SEI. Propusemos a elaboração de uma carta-resposta como forma de avaliação, tendo em vista que acreditamos que esse tipo de atividade seja proveitosa devido ao formato ser “mais familiar ao estudante que um texto acadêmico, seja um relatório, questionário, monografia, etc.” (MONTANHER, PINTO NETO, 2011)².

² MONTANHER, Valter César; PINTO NETO, Pedro da Cunha. O caso da irradiação de alimentos: contexto e pretexto para o ensino de Física. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 19., 2011. Manaus. *Anais Eletrônicos...* Manaus, 2011.

Aula 1: Proposição da Problemática Central

A primeira aula da SEI tem os seguintes objetivos: i. Discutir algumas aplicações das radiações; ii. Problematizar a SEI; iii. Delinear os próximos passos da investigação. Para tanto, sugerimos a apresentação de um vídeo problematizador e, com base neste vídeo, sejam discutidos os conhecimentos que os estudantes possuem sobre o tema para que a questão central da pesquisa seja apresentada, buscando fazer com que os estudantes comprem o problema para si e queiram, em um segundo momento, buscar alternativas para a sua resolução;

1º momento: Problematização da SEI;

Tempo previsto: 15 minutos;

Dinâmica: Visando problematizar a SEI, o vídeo “Radiação: Vilã ou Heroína”³ deve ser exposto aos estudantes. Este vídeo foi desenvolvido pela mestrandona e tem duração de 4 minutos e 23 segundos. Ele apresenta diversas aplicações tecnológicas da radiação que estão presentes no cotidiano ou em situações conhecidas pelos estudantes. Uma discussão acerca de tais aplicações poderá ser iniciada com o objetivo de intrigar os estudantes e deixá-los interessados na temática.

Sugerimos que o vídeo seja pausado quando chegar ao tempo de duração de 3 minutos e 26 segundos, para que seja realizada uma discussão sobre os conhecimentos que os estudantes já possuem. Apresentamos a seguir as questões que podem guiar essa discussão:

Vocês conheciam todas as aplicações mostradas no vídeo?

Vocês acreditam que a radiação pode ser utilizada para o bem da sociedade?

Vocês conhecem mais alguma aplicação da radiação?

Quando vocês escutam/lêem o termo “RADIAÇÃO”, o que lhes vêm à mente?



2º momento: Retomando o vídeo

Tempo previsto: 10 minutos.

³BAUMER, Ana. **Radiação Nuclear:** Vilã ou Heroína? Disponível em: <https://youtu.be/26-rPNkISDQ>. Acesso em: 14 jul. 2016.

Dinâmica: O professor pode colocar o vídeo para reproduzir a partir da parte em que foi pausado, para que a parte de “Radiação na Agricultura” seja apresentada aos estudantes. Sugerimos que quando o vídeo terminar sejam feitos os seguintes questionamentos:

Vocês já tinham ouvido falar sobre Irradiação de Alimentos?

Como vocês acreditam que essa técnica é realizada?

Normalmente os estudantes não têm acesso a esses termos antes de assistirem ao vídeo problematizador, então, discussões sobre agrotóxicos e alimentos transgênicos podem surgir.

3º momento: Apresentando a questão central da SEI

Tempo previsto: 10 minutos.

Dinâmica: Neste momento, sugerimos que seja realizada a apresentação da Questão Central da SEI:

A radiação também pode ser aplicada aos alimentos e às sementes de plantas que se tornarão alimentos. Mas será que essa técnica, chamada de irradiação, oferece algum risco à saúde do consumidor? A questão é: você comeria um alimento irradiado? Sim ou não? Por quê?

Se o professor quiser ter uma noção **do que cada estudante pensa sobre esse tema**, pode solicitar que esta questão seja respondida por individualmente por escrito em uma folha, recolher essas respostas e depois discutir oralmente. Ou, se preferir, pode partir direto para a discussão oral, momento no qual os estudantes debaterão sobre as suas concepções ao pensarem sobre o tema. É comum terem opiniões contrárias ao consumo desses alimentos, pois os estudantes ainda não tiveram contato com o conteúdo e não possuem conhecimentos suficientes para julgar essa prática. O termo “irradiação” também é motivo de desconfiança pelos estudantes, por isso muitos podem não aprovar a ideia de comer alimentos que foram submetidos a este tipo de tratamentos. A justificativa para os estudantes que comeriam o alimento está diretamente ligada ao mercado capitalista, pois eles podem afirmar que as empresas não comercializariam o alimento assim se ele fizesse mal à saúde.

4º momento: Trabalhando em equipes.

Tempo previsto 10 minutos.

Dinâmica: Neste momento, o professor pode questionar os estudantes sobre como poderiam resolver esse problema. Na atualidade, com o fácil acesso às informações, os estudantes logo sugerirão uma alternativa simples para essa resolução: Pesquisar subsídios na internet! Então, o professor pode orientar os estudantes quanto à formação de equipes de trabalho, que deverão pesquisar em casa materiais sobre a irradiação de alimentos e trazê-los na aula seguinte. Também cabe ao professor informar os estudantes sobre a

necessidade de organizar uma apresentação para expor à turma o alimento escolhido, o processo de irradiação que ele sofre e aonde esse alimento irradiado pode ser encontrado, se ele é vendido *in natura*, ou se é ingrediente de algum alimento industrializado. Sugerimos os seguintes focos de pesquisa:

- Tubérculos
- Peixes e frutos do mar
- Carnes
- Cereais
- Frutas frescas

Aulas 2 e 3: Mão à Obra!

Esta aula é reservada para que os estudantes analisem as informações que foram encontradas e que as organizem em uma apresentação que deverá conter as seguintes informações:

1. O alimento escolhido;
2. O processo de irradiação que ele sofre;
3. Se o alimento é comercializado dessa forma aqui no Brasil;
4. Se o alimento é vendido *in natura*, ou se faz parte de algum alimento processado.

Essas informações deverão ser anotadas pelos grupos para que não esqueçam. A apresentação pode ser feita por meio de cartazes, apresentação de slides, vídeos, paródias, etc.

Para as aulas 2 e 3, elencamos os objetivos:

- i. Investigar, em pequenos grupos, o problema central da SEI;
- ii. Buscar evidências e pesquisas que sejam cientificamente aceitas para justificar a resposta atribuída à questão central;
- iii. Elaborar uma apresentação indicando o que foi pesquisado.

O papel do professor nessa aula é auxiliar os estudantes nessa montagem e mediar o processo de aprendizagem. Sugerimos que o professor reserve uma sala de informática para os estudantes que não pesquisaram poderem realizar suas pesquisas nestas aulas. Salientamos que os estudantes que realizaram as pesquisas também poderão utilizar o recurso para montarem as apresentações.

Essas aulas foram organizadas em um momento:

1º momento: Discussão e montagem da apresentação nas equipes.

Tempo previsto: 90 minutos.

Dinâmica: Essas aulas são reservadas para discussão das informações encontradas pelos membros do grupo e para a organização e montagem das apresentações. Até o final das aulas, os estudantes devem informar o professor sobre o recurso necessário para

apresentarem os resultados encontrados, como por exemplo, projetor multimídia em caso de apresentação de slides ou fita adesiva em caso de apresentação utilizando cartazes.

Aulas 4 e 5: Comunicando os resultados

A quarta e a quinta aulas têm como objetivos: i. Apresentar o alimento irradiado escolhido, bem como os processos de irradiação e outras informações relacionadas; ii. Discutir no grande grupo as dúvidas e apresentações dos colegas; iii. Elaborar um relatório sobre as apresentações dos colegas contendo as principais informações apresentadas e discutidas.

Devem ser disponibilizados o projetor multimídia e os recursos que forem solicitados pelos estudantes ao professor na aula anterior.

1º momento: Compartilhamento dos resultados obtidos

Tempo previsto: 85 minutos

Dinâmica: Nesta aula, os grupos deverão compartilhar os resultados de suas pesquisas utilizando o recurso que desejarem. É importante que seja reservado um espaço para discussão, no qual os estudantes consigam sanar eventuais dúvidas. O professor deverá observar se os critérios apresentados na aula anterior foram cumpridos. Esta atividade poderá ser considerada uma avaliação, tendo em vista que o sistema exige que a aprendizagem seja quantificada de tempos em tempos.

2º momento: Recolhendo o material escrito pelos estudantes

Tempo previsto: 5 minutos

Dinâmica: Se quiser, o professor pode recolher o relatório que os estudantes elaboraram sobre as principais informações apresentadas e discutidas ao longo das apresentações. Esse material dará um indício do entendimento dos estudantes e poderá ser utilizado pelo professor para verificar o foco das próximas aulas, caso perceba alguma incoerência ou dúvida.

Aula 6: O que falta aprender?

Na sexta aula, os conteúdos discutidos e apresentados pelos estudantes serão retomados, buscando identificar possíveis conhecimentos internos a Física que poderão ser abordados visando a melhor compreensão dos estudantes acerca da problemática da SEI.

É interessante que o professor retome alguns termos utilizados pelos estudantes ao longo das apresentações que geraram alguma dúvida ou incompreensão. A partir disso, os temas serão elencados para serem discutidos nas aulas seguintes.

1º momento: Retomando as discussões das últimas aulas

Tempo previsto: 15 minutos

Dinâmica: Para a realização deste momento de retomada dos conteúdos discutidos nas aulas anteriores, é interessante que o professor proponha e discuta as seguintes questões⁴ aos estudantes:

- O que é um alimento irradiado?
- Para que serve a irradiação de alimentos?
- Todos os alimentos podem ser irradiados?
- A irradiação de alimentos possui alguma vantagem ou desvantagem? Qual (is)?
- Quais os processos de irradiação?
- Qual processo foi mais citado na aula passada?
- Dentre todos os alimentos abordados na aula passada, qual é o “mais irradiado”?
- Este símbolo⁵ significa alguma coisa para vocês?

⁴ BAUMER, Ana Luiza. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio sob uma Perspectiva Investigativa: A Irradiação de Alimentos.** Joinville: Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias – Universidade do Estado de Santa Catarina. Mestrado em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias, 2017. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://www.cct.udesc.br/?id=2268>.

⁵ Disponível em: [http://alunosonline.uol.com.br/upload/conteudo/images/radura\(1\).jpg](http://alunosonline.uol.com.br/upload/conteudo/images/radura(1).jpg). Acesso em: 14 jun. 2017.

Figura 1: Símbolo de identificação de alimento irradiado.



2º momento: Organizando melhor a discussão

Tempo previsto: 20 minutos

Dinâmica: Com o auxílio dos estudantes, o professor deverá construir uma tabela que deverá conter alguns dados que foram apresentados pelos estudantes na aula anterior. Essa atividade tem como objetivo organizar melhor todas as informações e permitirá que os estudantes tenham uma visão mais ampla de tudo o que lhes foi apresentado. Uma sugestão é neste momento, deixar que os grupos reúnam-se novamente, para discutirem como preencheriam a tabela e posteriormente, fazer a discussão no grande grupo.

2º momento: O que falta aprender?

Tempo previsto: 10 minutos

Dinâmica: O professor deve questionar os estudantes sobre termos/processos que desconhecem e que foram apresentados pelos colegas. Acredita-se que esse momento será importante para a exposição de palavras desconhecidas pelos estudantes e processos que não entenderam. Elencamos possíveis temas: raios x; feixes de elétrons; processos de irradiação; decaimento radioativo, entre outros.

Quadro Síntese: Irradiação de Alimentos

Quadro 2: Irradiação de Alimentos.

Aula 7: O espectro eletromagnético

Buscando iniciar o momento de sistematização do conhecimento, que se estenderá durante as aulas sete, oito, nove e dez da SEI, esta aula tem os seguintes objetivos: i. Discutir os termos radiação e radioatividade; ii. Discutir o espectro eletromagnético; iii. Relacionar as frequências presentes no espectro eletromagnético com situações vivenciadas no cotidiano; iv. Diferenciar as frequências utilizadas na irradiação dos alimentos e na radiação de micro-ondas e, v. Discutir o funcionamento e os princípios fundamentais das micro-ondas.

Sugerimos a utilização de uma apresentação de slides, na qual constem imagens para auxiliar na explicação dos conteúdos a serem trabalhados.

1º momento: Diferença entre radiação e radioatividade

Tempo previsto: 10 minutos.

Dinâmica: Para iniciar essa aula, sugere-se que seja apresentado o seguinte questionamento:
Qual a diferença entre radiação e radioatividade?

Tanto a radiação quanto a radioatividade são fenômenos naturais e convivemos com eles desde o surgimento do homem na Terra.

Radiação: Emissão de energia por meio de ondas ou partículas. As radiações eletromagnéticas mais conhecidas são: luz, micro-ondas, ondas de rádio, radar, laser, raios X e radiação gama. As radiações sob a forma de partículas, com massa, carga elétrica, cargas magnéticas mais comuns são os feixes de elétrons, os feixes de prótons, radiação beta, radiação alfa⁶.

Radioatividade: Desintegração espontânea do núcleo atômico de determinados elementos com emissão de partículas ou radiação eletromagnética (α , β e γ).⁷

2º momento: Discussão acerca das aplicações das ondas eletromagnéticas

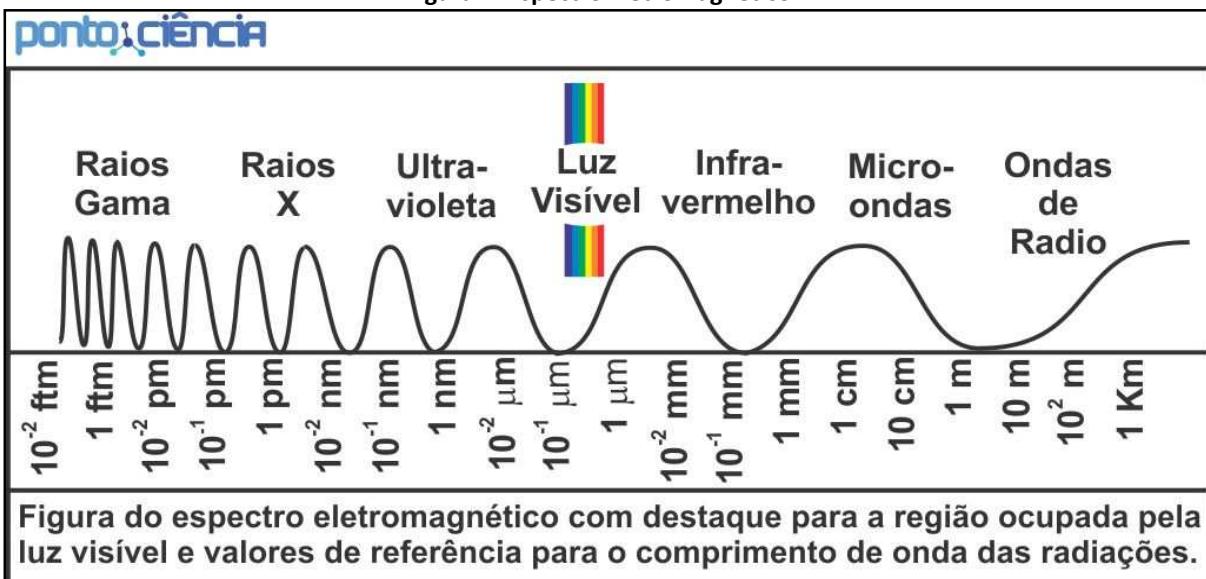
Tempo previsto: 10 minutos

⁶ Fonte: Radiação. Disponível em: http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html. Acesso em: 1 nov. 2016.

⁷ Fonte: Radiação. Disponível em: http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html. Acesso em: 1 nov. 2016.

Dinâmica: Neste momento, o professor deve discutir com a turma o espectro eletromagnético e a utilização das diferentes radiações.

Figura 2: Espectro Eletromagnético⁸.



3º momento: Como funciona o aparelho de micro-ondas?

Tempo previsto: 15 minutos

Dinâmica: o professor deve solicitar que os estudantes se dividam em grupos para a leitura e discussão de um texto sobre a temática “Como funciona o forno de Micro-ondas?”, que aborda como se deu o desenvolvimento do aparelho de micro-ondas, seu funcionamento e o motivo pelo qual alguns recipientes não são aquecidos (plástico, vidro) e outros não podem ser colocados dentro do forno (metais). Após a leitura do texto, os estudantes devem discuti-lo, para isso, o professor deve entregar um questionário visando guiar tal discussão. Este questionário deve ser respondido de forma escrita e entregue novamente ao professor. Uma sugestão é apresentar as questões no quadro ou em um slide, não é necessário que o professor recolha esse material, mas indicamos que esta atividade pode servir de avaliação.

4º momento: Compreendendo as micro-ondas

Tempo previsto: 10 minutos

⁸

Disponível

em:

<http://www.pontociencia.org.br/galeria/content/Fisica/Optica/Espectro%20Eletromagnetico.jpg>. Acesso em 1 nov. 2016.

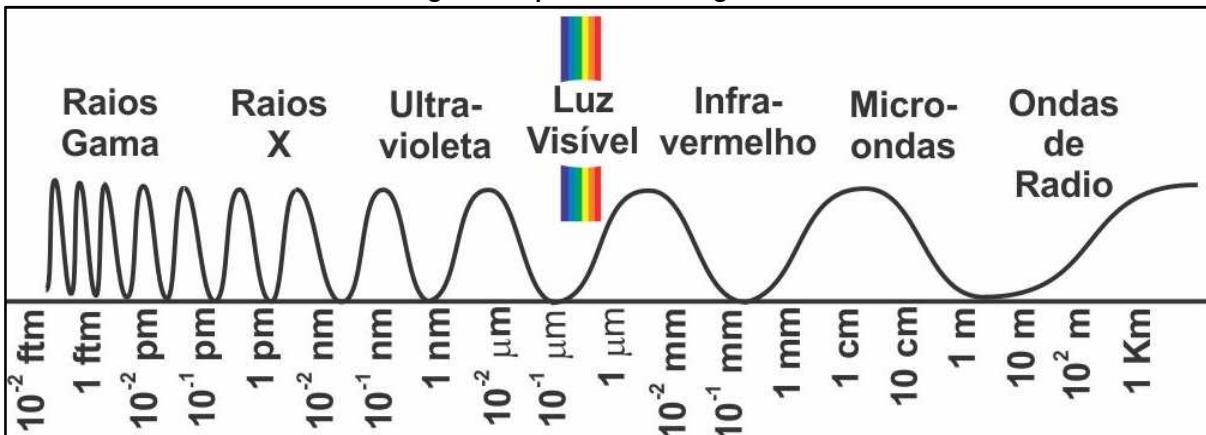
Dinâmica: Após a leitura do texto e a resposta escrita das questões, sugere-se que seja realizada uma discussão oral, que pode ser guiada pelas perguntas apresentadas ao final do texto.

Ao final da aula, o professor deve solicitar aos estudantes que na aula seguinte, tragam radiografias de casa, pois farão uma discussão sobre os Raios X e esse material será necessário.

Como funciona o forno de micro-ondas?

Micro-ondas são ondas eletromagnéticas de alta frequência, como as de rádio.

Figura 1: Espectro Eletromagnético.



Fonte: **Espectro Eletromagnético**. Disponível em:

<http://www.pontociencia.org.br/galeria/?content%2FFisica%2FOptica%2FEspectro+Eletromagnetico.jpg>

Acesso em 1 nov. 2016.

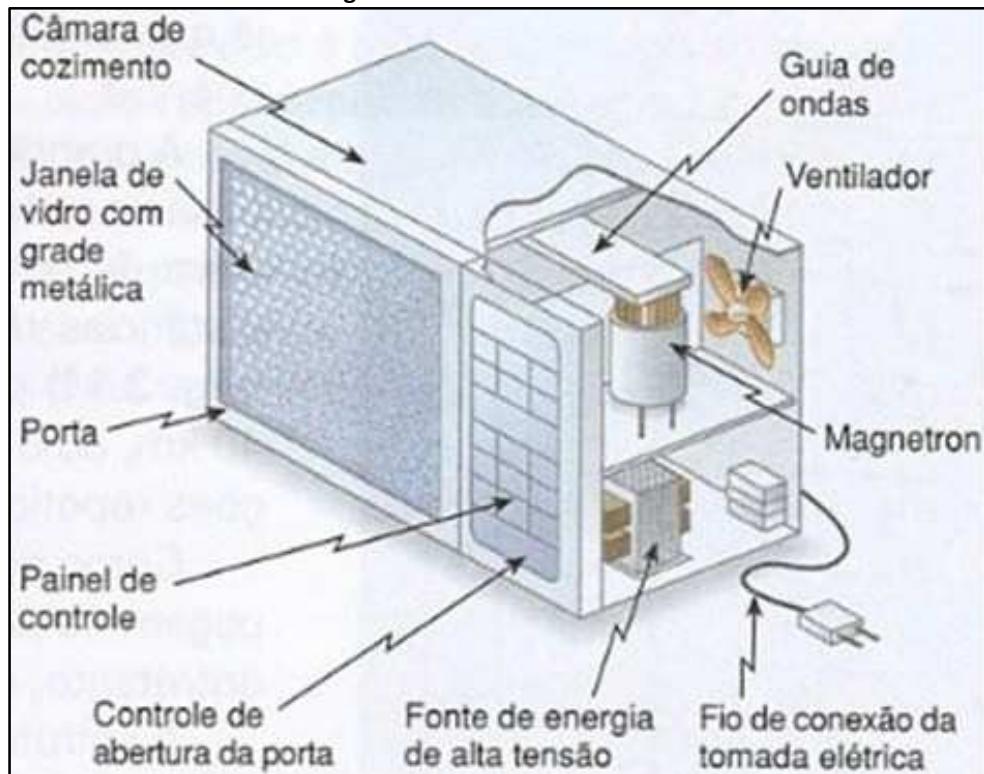
Em 1939, o físico americano Albert Wallace Hull desenvolveu o magnetron, um gerador de micro-ondas para radar. Dez anos depois, o engenheiro Percy Lebaron Spence, seu conterrâneo, percebeu, por acaso, que um copo de leite se aquecia quando próximo de um magnetron. Diretor de uma indústria eletrônica, Spencer logo vislumbrou as possibilidades culinárias desse gerador. Assim surgiu, no início dos anos 50, o primeiro forno de micro-ondas.

O engenheiro Marco Antônio Dalpossi, da Escola Politécnica da USP, afirma que “o magnetron recebe, de um transformador, uma tensão fixa de cerca de 400 volts e gera dentro do aparelho ondas eletromagnéticas de 2.450GHz, a mesma frequência de ressonância das moléculas de água”. Essas ondas são refletidas várias vezes nas paredes metálicas do forno sobre o alimento, fazendo vibrar as moléculas de água contidas nele. A fricção entre elas produz calor, cozinhando o alimento.

As micro-ondas têm alta capacidade de penetração na comida, o que possibilita o cozimento por dentro e não a partir da superfície, como ocorre nos fornos convencionais. Além disso, não fazem vibrar as moléculas de vidro ou plástico, que não se aquecem no

interior do forno. Para evitar o vazamento das micro-ondas, o aparelho possui uma grade de metal colada junto ao vidro da porta: os espaços entre as malhas dessa grade são menores que as micro-ondas. Além de fornos e radares, as micro-ondas são usadas também em sistemas de telecomunicações, como nas transmissões por satélite e na telefonia celular.

Figura 2: Forno de micro-ondas.



Fonte: **Como funciona o micro-ondas.** Disponível em:
<http://i0.wp.com/www.sabereletrica.com.br/wp-content/uploads/2015/09/funcionamento-domicroondas.jpg>. Acesso em: 1 nov. 2016.

Referência

MUNDO ESTRANHO, Redação. **Como funciona o forno de microondas?** Disponível em: <http://mundoestranho.abril.com.br/tecnologia/como-funciona-o-forno-de-microondas/>. Acesso em: 01 nov. 2016.

Questionário para Refletir, Responder e Discutir

1. Que formas de radiação eletromagnética você utilizou hoje ou ainda vai utilizar nas próximas horas? Faça uma lista delas.

2. Por que o forno de micro-ondas não aquece alguns objetos?

3. Utilizar o forno de micro-ondas causa algum mal à saúde?

Os alimentos aquecidos no aparelho de micro-ondas se tornam radioativos?

4. Pesquise o motivo pelo qual não devemos colocar objetos metálicos no aparelho de micro-ondas. Quais são as suas hipóteses?

Aula 8: Vamos chamá-lo de Raio-X!

A aula 8 tem como objetivo discutir os fenômenos relacionados aos Raios X.

1º momento: Primeiras ideias

Tempo previsto: 10 minutos

Dinâmica: Neste momento, o professor deve perguntar aos estudantes se algum deles já tirou radiografia, questionando sobre como o processo é realizado. Algumas sugestões para o professor⁹:

Nesta aula, é necessário que o professor tenha em mãos radiografias e que ele tenha solicitado que os estudantes as trouxessem também.

Onde a radiografia é tirada?

Qual a preparação para o exame?

Fica alguém na sala?

Por que o funcionário “some”?

Para onde ele vai?

Por que em alguns exames colocamos um colete?

Do que é feito esse colete e para que ele serve?

Quando você sabe que os raios-X passaram por você?

Apesar do barulhinho que se ouve, você vê os raios?

Como saber se a radiografia foi tirada?

Onde a radiografia é tirada?

Qual a preparação para o exame?

Fica alguém na sala?

Por que o funcionário “some”?

Para onde ele vai?

2º momento: Discussão sobre as radiografias

Tempo previsto: 10 minutos

⁹ As prováveis respostas a estas questões podem ser consultadas em BAUMER, Ana Luiza. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio sob uma Perspectiva Investigativa: A Irradiação de Alimentos.** Joinville: Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias – Universidade do Estado de Santa Catarina. Mestrado em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias, 2017. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://www.cct.udesc.br/?id=2268>.

Dinâmica: O professor deve solicitar que os estudantes se organizem em trios e a partir das radiografias que trouxeram de casa, ou as que o professor disponibilizar, discutam as características que mais chamaram a sua atenção, anotando tais informações no caderno. Provavelmente essas observações contemplarão tais aspectos:

- Forma;
- Nitidez;
- Partes do corpo a que pertenciam;
- Quando possível, a identificação de algum tipo de anomalia, fraturas;
- Outros detalhes que lhes chamassem a atenção.

3º momento: Outros questionamentos

Tempo previsto: 10 minutos

Dinâmica: Na sequência, o professor deve colocar outros questionamentos que servirão de motivação para iniciar a discussão sobre os raios-X e as radiografias.

- Qual a radiografia que mais chamou a atenção? Por quê?
- Por que existem regiões mais claras e mais escuras?
- Por que algumas radiografias apresentam nitidez melhor?
- Como são produzidas as radiografias?

4º momento: Discussão no grande grupo

Tempo previsto: 10 minutos

Dinâmica: A discussão deve ser mediada pelo professor, que questionará as diferentes equipes ao longo de um debate buscando solucionar os questionamentos levantados no momento anterior.

5º momento: Sistematizando as discussões

Tempo previsto: 5 minutos

Dinâmica: Buscando formalizar a discussão nos pequenos e grande grupo, será entregue aos alunos o texto “Vendo através da pele: a descoberta dos raios X”. A partir da leitura do texto, os estudantes deverão responder às questões propostas ao final do mesmo.

Texto: Vendo através da pele

Há pouco mais de cem anos, não era possível o médico visualizar o interior do corpo humano sem ter de abri-lo e isso dificultava muito o diagnóstico de doenças e fraturas nos pacientes. Até que em 1895, uma grande descoberta revolucionou a humanidade, principalmente a física e a química, neste ano eram descobertos os Raios X. Mas como isso ocorreu?

Na noite de 8 de novembro de 1895, o físico holandês Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), seguindo as tendências de sua época, estava estudando as descargas elétricas nos tubos de raios catódicos (figura 1), estudando o fenômeno da luminescência produzida pelos raios no tubo, quando notou que algo diferente acontecia. Em sua sala de experiências, totalmente escura, ele viu a folha de papel, usada como tela e tratada com uma substância química fluorescente, colocada a certa distância do tubo, brilhar, emitindo luz. Röntgen, espantado, pôs-se a imaginar que alguma coisa devia ter atingido a tela para que ela reagisse dessa forma. Mas o tubo de raios catódicos estava coberto por uma cartolina negra, e nenhuma luz ou raio catódico poderia ter escapado dali.

Surpreso e perplexo com o fenômeno, ele decidiu pesquisá-lo mais a fundo. Virou a tela, de modo que o lado sem substância fluorescente ficasse voltado para o tubo. Mesmo assim, a tela continuava a brilhar. Ele então afastou a tela do tubo e o brilho persistiu. Depois, colocou diversos objetos (uma camada de papelão, pedaços de madeira, um livro de mil páginas e até finas placas metálicas) entre o tubo e a tela, e todos pareceram transparentes. Quando sua mão escorregou em frente à válvula, ele viu os ossos na tela (Figura 2). Descobrira “um novo tipo de raio”, conforme ele mesmo explicou em sua primeira publicação.

Röntgen ficou tão perplexo que teve que se convencer antes de falar com qualquer pessoa sobre esse novo tipo de

raio. Trabalhou sozinho durante sete semanas nessa tentativa. Quando finalmente estava convencido, registrou a imagem de sua mão em chapas fotográficas e a partir disso, passou a ter certeza de sua descoberta.

Em 1º de janeiro de 1896, ele distribuiu o relatório preliminar de suas observações, o que causou grande agitação, visto que sua “descoberta” não poderia ser refutada facilmente, pois havia fotografias dos Raios X de suas mãos anexadas ao relatório. No decorrer do mês, a notícia havia se espalhado por todo o mundo. Pode-se imaginar o deslumbramento em relação a esses raios aos quais tudo se tornava transparente e por meio dos quais podiam ver seus próprios ossos. Era possível ver praticamente os dedos sem os músculos, mas com anéis, como se podia ver também uma bala alojada no corpo. As consequências para a medicina foram imediatamente percebidas.

Imagine você nessa época, podendo ver seus ossos, sem qualquer corte ou perfuração, somente assim terá ideia da revolução causada com essas constatações.

O trabalho de Röntgen sobre os Raios X foi perfeito à luz do conhecimento existente em sua época. Mas ele não conseguiu entender a natureza dos Raios X, ou seja, ele não conseguiu comprovar que se tratava de uma radiação eletromagnética. No entanto, ele conseguiu mostrar que os raios podiam atravessar materiais sólidos, podiam ionizar o ar, não sofriam reflexão no vidro e não eram desviados por campos magnéticos. Porém, não conseguiu observar os fenômenos da refração e da interferência, normalmente associados às ondas (eletromagnéticas, neste caso). Por isso, a denominação “Raios X” permaneceu, X é o símbolo para nomear o desconhecido.

Mais tarde, sua natureza foi desvendada, mostrando que os Raios X eram consequência da colisão dos raios catódicos

com a parede do tubo e, por terem comprimento de onda muito pequeno, Röntgen não podia observar os fenômenos para comprovar que os Raios-X são ondas eletromagnéticas de alta frequência.

Uma ilustração do equipamento de Röntgen é mostrada na figura 3. Entre os cátodo do tudo de vidro, os raios catódicos são inicialmente acelerados, com tensão de até 100kV (100.000 V) e, em seguida, são bruscamente freados, havendo uma colisão entre os raios e o alvo. Por causa disso, ocorre uma emissão de radiação eletromagnética, que tem comprimento de onda muito pequeno, que corresponde a uma radiação de alta frequência. E assim são produzidos os Raios-X.

As aplicações dos Raios-X são as mais diversas possíveis. Elas abrangem desde simples radiografias até a determinação de uma substância em um composto, através da difração dos Raios-X, como é o caso da quantidade de carbono existente no aço, o que permite fazer com que o aço fique mais maleável e, consequentemente, consegue-se produzir chapas mais finas.

Atualmente, os Raios-X também são utilizados na área de segurança, como é o caso dos aeroportos. Com esse tipo de raio, é possível “ver” dentro de malas e detectar objetos metálicos ou armas (Figura 4). Se uso também pode ser visto na fronteira do Estados Unidos com o México, onde a polícia utiliza os Raios X para observar o interior dos veículos.

Referência:

SOUZA, Wellington Batista. **Física das Radiações: uma proposta para o Ensino Médio**. São Paulo: Mestrado em Ensino de Ciências - Universidade de São Paulo. Mestrado em Ensino de Ciências, 2009. Dissertação de Mestrado.. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-17092012-141621/publico/Wellington_Batista_de_Sousa.pdf. Acesso em: 2 jul. 2016.

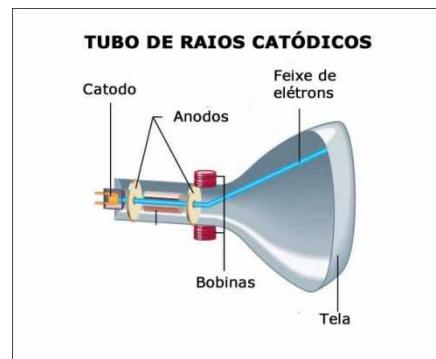


Figura 1: Tubo de Raios Catódicos.



Figura 2: Mão de Röntgen.

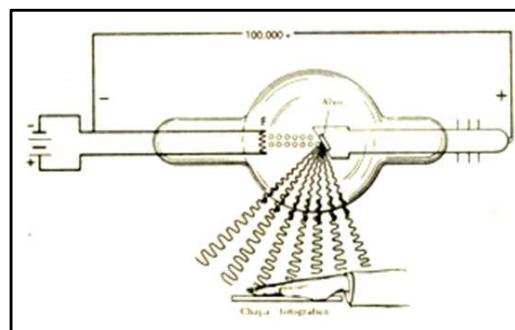


Figura 3: Experimento de Röntgen.



Figura 4: Raios X utilizados na segurança.

Questões sobre o texto¹⁰

1) Sabemos que os raios X são invisíveis a olho nu. Com base nisto, discuta com seus colegas, outras formas de se detectar os raios X, que não usem chapas radiográficas (lembre-se que os raios X podem ionizar o ar, ou seja, retirar elétrons dos átomos).

2) Nas radiografias, os contornos dos ossos aparecem bastante claros, sobre o fundo escuro, bem como o contorno de objetos e pessoas (Fig. 3 e 4). Analisando o processo de absorção dos raios X, estas regiões mais claras, recebem mais ou menos raios X do que as outras? Explique sua resposta.

3) Que semelhanças e diferenças têm os raios X e a luz visível?

4) Como você imagina os diagnósticos médicos se os raios X não tivessem sido descobertos? O que os médicos fariam para perceber se você tem uma infecção ou um osso rachado?

¹⁰SOUZA, Wellington Batista. **Física das Radiações: uma proposta para o Ensino Médio**. São Paulo: Mestrado em Ensino de Ciências - Universidade de São Paulo. Mestrado em Ensino de Ciências, 2009. Dissertação de Mestrado.. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-17092012-141621/publico/Wellington_Batista_de_Sousa.pdf. Acesso em: 2 jul. 2016.

Aula 9: Compreendendo os Raios-X

A aula nove tem como objetivos i. Discutir o questionário a respeito de raios-X que não foi discutido na aula anterior; ii. Discutir o conteúdo de tipos de radiação e iii. Compreender as diferenças entre radiação alfa, beta e gama.

Sugerimos a utilização de uma apresentação de slides visando a possibilidade de exemplificar cada caso. Esta aula servirá de base para a atividade reservada para a aula dez da SEI.

1º momento: Discussão do questionário sobre raios X

Tempo previsto: 20 minutos

Dinâmica: Este momento é dedicado à discussão e sistematização dos conhecimentos estudados na aula anterior. Para tanto, sugere-se a discussão do questionário entregue no final da aula 8.

1) Sabemos que os raios X são invisíveis a olho nu. Com base nisto, discuta com seus colegas, outras formas de se detectar os raios X, que não usem chapas radiográficas (lembre-se que os raios X podem ionizar o ar, ou seja, retirar elétrons dos átomos).

2) Nas radiografias, os contornos dos ossos aparecem bastante claros, sobre o fundo escuro, bem como o contorno de objetos e pessoas (Fig. 3 e 4). Analisando o processo de absorção dos raios X, estas regiões mais claras, recebem mais ou menos raios X do que as outras? Explique sua resposta.

3) Que semelhanças e diferenças têm os raios X e a luz visível?

4) Como você imagina os diagnósticos médicos se os raios X não tivessem sido descobertos? O que os médicos fariam para perceber se você tem uma infecção ou um osso rachado?

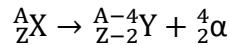
2º momento: Sistematização pelo professor

Tempo previsto: 25 minutos

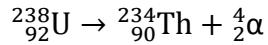
Dinâmica: Neste momento o Professor fará as definições do decaimento alfa, beta e gama no quadro, dando ênfase às diferenças de cada processo. O professor deverá se atentar às diferenças que ocorrem ao número atômico e unidade massa do elemento químico inicial (denominado núcleo Pai) e do elemento químico final (denominado núcleo Filho), as orientações estão elencadas a seguir.

Orientações aos professores¹¹

Decaimento alfa: no decaimento alfa o núcleo instável emite uma partícula alfa (núcleo de ${}^4_2\text{He}$), perdendo dois prótons e dois nêutrons, fazendo o número atômico (Z) diminuir duas unidades e a massa atômica (A) diminuir 4 unidades, e pode ser representada como:

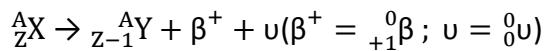


Exemplo:

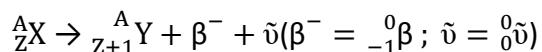


Decaimento Beta: no decaimento beta, o núcleo filho possui a mesma massa atômica do núcleo pai, porém o Z diminui ou aumenta uma unidade, dependendo se a emissão é β^+ ou β^- :

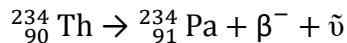
Decaimento β^+ :



Decaimento β^- :



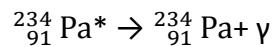
Exemplo:



¹¹SEE/SP. Secretaria de Estado da Educação de São Paulo. Proposta Curricular. **Caderno do Professor. Física.** São Paulo: IMESP. 2008.

Decaimento Gama: ocorre a emissão de ondas eletromagnéticas (fótons de alta energia). Esse tipo de emissão pode ocorrer quando o núcleo pai decai para um núcleo filho excitado e posteriormente emite um fóton de alta energia.

Exemplo:



Além disso, deverá ser definido o conceito de famílias radioativas:

Famílias Radioativas são conjuntos de elementos com núcleos instáveis, que seguem sequências ordenadas de desintegrações espontâneas, isto é, emitem partículas alfa e beta, até que se origine um núcleo estável de chumbo.

Aula 10: Decaindo com os átomos?

A aula 10 tem como objetivo fazer com que os estudantes exercitem os conhecimentos abordados na aula anterior, sobre o decaimento alfa, beta e gama.

1º momento: Retomando os conhecimentos da aula anterior

Tempo previsto: 10 minutos

Dinâmica: O professor deverá retomar a discussão da aula anterior, buscando fazer com que os estudantes relembrem as características de cada emissão radioativa e informando que é necessário que eles compreendam bem esse conteúdo, pois realizarão uma atividade diferente, na qual tais conhecimentos serão de extrema importância.

Os estudantes deverão se dividir em equipes e montar dois quebra-cabeças com as famílias radioativas dos elementos Urânio e Tório e apresentar o resultado para a turma.

2º momento: Vamos quebrar as cabeças!

Tempo previsto: 20 minutos

Dinâmica: O professor deve pedir para que os estudantes se organizem em trios, depois disso, cada grupo receberá dois “quebra-cabeças”, um referente à família radioativa do Urânio e outra do Tório. Os estudantes deverão iniciar a montagem do quebra-cabeça, devendo prestar atenção ao processo de decaimento indicado na figura e identificar o elemento radioativo que será gerado após este processo de decaimento.

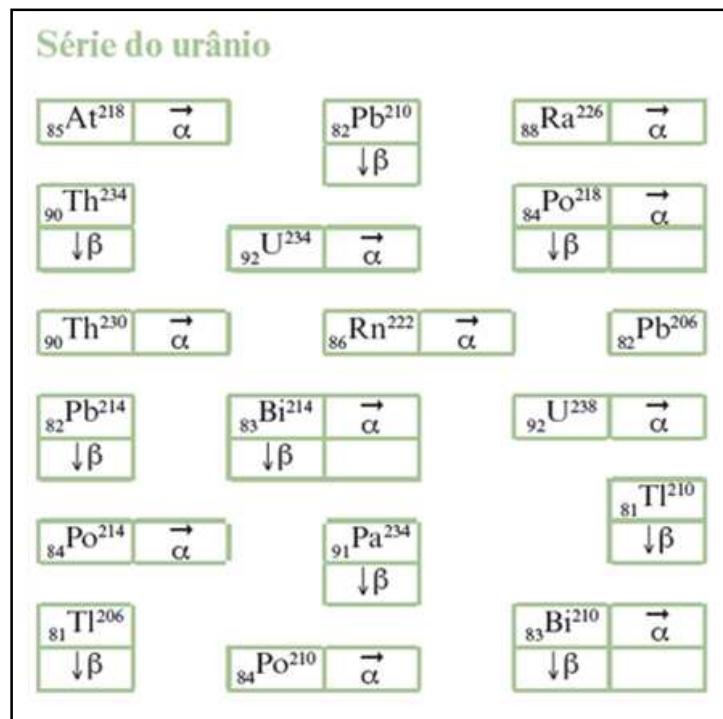
3º momento: Compartilhando os resultados

Tempo previsto: 15 minutos

Dinâmica: Depois de solucionados os quebra-cabeças, que devem ser colados em uma folha, será o momento de apresentarem e argumentarem como eles foram montados. Para isso, os trios selecionarão um componente do grupo que deverá apresentar para a turma as escolhas realizadas para a conclusão da montagem, salientando como foram feitas as estimativas dos elementos que resultariam após o processo de decaimento.

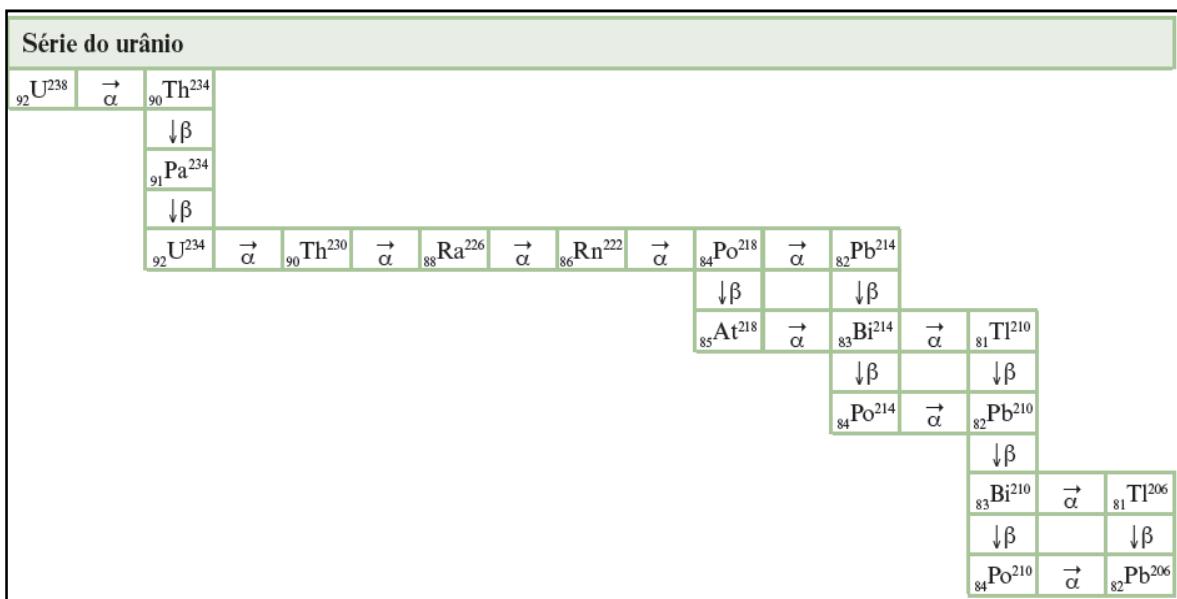
Quebra-cabeça da família radioativa do Urânio

Figura 3: Quebra-cabeça da família radioativa do Urânio.



Quebra-cabeça finalizado da família radioativa do Urânio

Figura 4: Quebra-cabeça finalizado da família radioativa do Urânio.



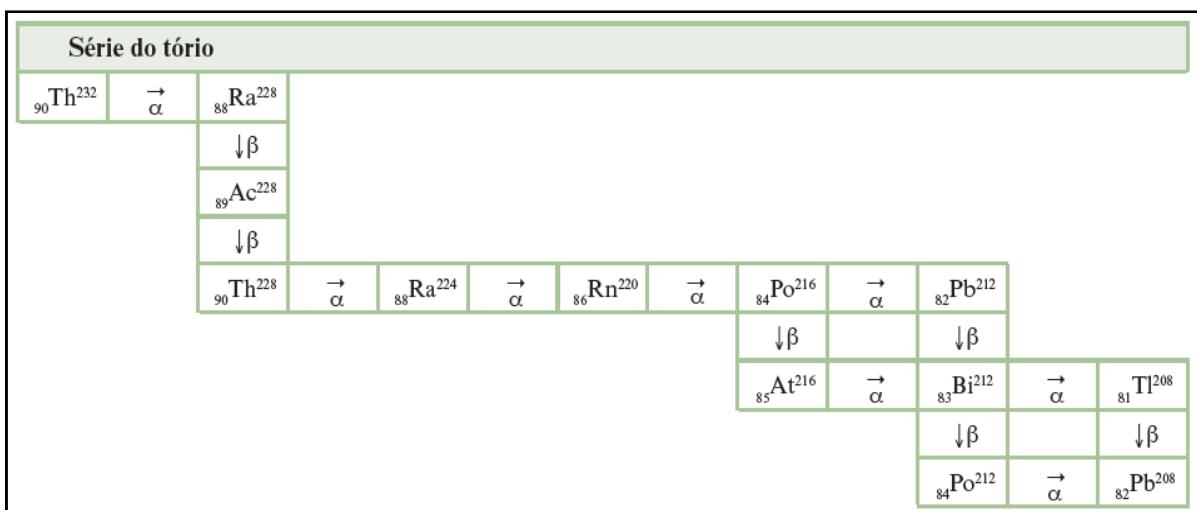
Quebra-cabeça da família radioativa do Tório

Figura 5: Quebra-cabeça da família radioativa do Tório.



Quebra-cabeça finalizado da família radioativa do Tório

Figura 6: Quebra-cabeça finalizado da família radioativa do Tório.



Aula 11: Contextualizando os conhecimentos

Buscando contextualizar os conhecimentos discutidos nas aulas anteriores e relacioná-los com o tópico referente à irradiação de alimentos, esta aula foi dividida em três momentos.

1º momento: Retomando o problema central da pesquisa

Tempo previsto: 20 minutos

Dinâmica: O professor deve retomar o problema central da pesquisa no início da SEI aula, ou seja, a irradiação de alimentos. Para tanto, deve questionar os estudantes sobre como esses conhecimentos estudados nas aulas anteriores podem auxiliá-los para justificar a resposta da questão proposta central, tais contribuições deverão ser anotadas pelo professor. Em seguida, o professor deve escolher um alimento que pode ser irradiado e explicar o processo no qual ele é submetido. Nesse momento, o professor pode enfatizar a importância de conhecer os conceitos físicos, bem como os fenômenos e conseguir explicá-los.

2º momento: Debatendo novamente

Tempo previsto: 10 minutos

Dinâmica: O professor deve projetar na sala o quadro síntese elaborado na aula 4, solicitando que os estudantes se reúnam novamente nos grupos que realizaram aquele trabalho. O objetivo dessa nova reunião é fazer com que os estudantes revejam o que explicaram para a turma e reorganizem os conhecimentos agora que estudaram novos tópicos que fazem parte dos processos utilizados para fazer a irradiação dos alimentos. É importante que os estudantes exercitem a escrita nesse momento e elaborem um relatório das discussões.

3º momento: Comunicando os resultados

Tempo previsto: 15 minutos

Dinâmica: A partir das discussões realizadas nos pequenos grupos, os estudantes devem escolher um representante de cada grupo que vai apresentar quais foram as contribuições dos tópicos internos à física que foram abordados nas últimas aulas da sequência. Este deve

apresentar o alimento que selecionaram para estudar, o processo de irradiação que o alimento sofre, explicando com conceitos científicos como esse processo ocorre, os tópicos trabalhados na aula anterior dão base para que essa nova informação seja incluída.

Aula 12: Respondendo à vovó!

Com o objetivo de avaliar os conhecimentos dos estudantes acerca dos alimentos irradiados, processos de irradiação será proposta uma avaliação diferenciada. Esta avaliação consiste na proposição de uma carta repleta de questionamentos a respeito dos conteúdos trabalhados ao longo da sequência. Perante esta atividade, os estudantes terão que elaborar, individualmente, uma carta-resposta, explicando e argumentando respostas para as questões propostas na carta que receberam.

Uma sugestão de atividade é solicitar auxílio dos estudantes na hora de elaborar as questões que a avó poderia questionar o neto, ou seja, quais perguntas poderiam aparecer nesta carta, quais as curiosidades a avó poderia apresentar?

1º momento: Respondendo à vovó

Tempo previsto: 45 minutos

Dinâmica: O professor deve entregar uma cópia da carta¹² para cada estudante. Na sequência, deverá lê-la junto com a turma, explicando como a avaliação deverá ser realizada:

Cada estudante deverá elaborar uma carta-resposta abordando os questionamentos presentes na carta que receberam e explicando cientificamente o motivo pelo qual a resposta que escolheram está correta. Essa carta deverá ser entregue ao professor ao final da aula e servirá como avaliação da aprendizagem dos estudantes diante da SEI.

¹² Atividade adaptada do trabalho de MONTANHER, Valter C. Aprendizagem Baseada em Casos nas Aulas de Física do Ensino Médio. 2012. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Tese de Doutorado, 2012, também apresentado em MONTANHER, Valter César; PINTO NETO, Pedro da Cunha. O caso da irradiação de alimentos: contexto e pretexto para o ensino de Física. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 19., 2011. Manaus. *Anais Eletrônicos...* Manaus, 2011.

Carta de uma avó com dúvidas

Caro Carlos,

Há muito que não nos vemos; estou com saudades. Desculpe-me incomodá-lo com esta carta. A questão, que descreverei abaixo, está afligindo seu avô e a mim.

Desde que seus pais morreram e você partiu de Chapecó, indo morar com sua tia em Joinville, lá se vão 10 anos, sobrevivemos do que produz a fazendinha que seu pai nos deixou em herança. O pessoal da cooperativa tem nos ajudado a plantar, colher e vender, apesar do pouco estudo das pessoas daqui tudo ia muito bem, sem maiores preocupações.

Desculpe-me tomar tanto o seu tempo, mas, aconteceram coisas preocupantes nestes últimos meses. Um grupo de estrangeiros comprou algumas glebas de terra aqui perto, onde plantam frutas, verduras e criam gado. Causou-nos certa estranheza tamanha produção, dada a dificuldade em levar os produtos daqui para vender em Manaus ou Rio Branco, as estradas são péssimas e, com o calor e a demora no transporte chega tudo estragado.

Neste meio tempo o pessoal do posto de saúde descobriu algo perturbador. Eles estão colocando radioatividade nos alimentos! Alegam que isto mata os bichos e as frutas duram mais fora da geladeira, podem assim vender a maior parte da produção para o exterior e centros urbanos distantes.

Procuramos nos informar com uns textos que obtemos sobre o assunto, porém, ficamos ainda mais confusos, cada um diz uma coisa.

Não estamos conseguindo vender mais, tem gente que comprava da cooperativa que só ta comprando o tal irradiado, dizem que dura mais e não tem bicho, seu avô pensa até em vender as terras.

As perguntas que nos intrigam são as seguintes:

1. O que é um alimento irradiado?
2. Há diferença entre irradiar o alimento e esquentá-lo no micro-ondas?
3. É comum as pessoas comerem alimentos irradiados ai na cidade grande?

4. Você comeria alimento irradiado?
5. Como posso saber se um alimento é irradiado ou não?
6. Se eu comer o alimento irradiado, vou ficar radioativo?
7. Se eu plantar uma semente irradiada o alimento vai nascer já irradiado?
8. É verdade que o alimento irradiado não precisa nem lavar?
9. Quais os efeitos da radiação sobre o sabor, cor e textura do alimento?

Fale com seus amigos da universidade para ajudar a gente daqui, todos na cooperativa aguardam sua resposta, prometi a eles que lerei sua carta na assembleia assim que chegar.

Um abraço de sua avó,

Deolinda

Orientações aos professores

Nesta seção final apontamos algumas indicações importantes para a implementação da SEI anteriormente descrita. Primeiramente, devemos enfatizar que o problema central da SEI deve ser apresentado em meio a um contexto didático criado, para isso, sugerimos a exibição e discussão do vídeo no início da primeira aula. O professor deve verificar se os estudantes compreenderam o problema a ser resolvido e tomaram o problema para si.

Ainda na primeira aula, o professor deve discutir o problema com os estudantes e buscar uma estratégia de resolução, levantando hipóteses, ou seja, ideias para resolver o problema e colocando essas ideias em prática. Para tanto, sugerimos que nas aulas dois e três, os estudantes busquem informações e trabalhem em grupos, pois eles se sentem mais à vontade quando discutem conteúdos, ajudam-se mutuamente e trocam ideias com seus colegas (CARVALHO, 2013, p.5).

Nas aulas seguintes, reservadas para a comunicação dos resultados, é importante que ao longo das apresentações os estudantes, individualmente, relatem o que estão aprendendo com os colegas. Pois, conforme Carvalho (2013) afirma, o diálogo e a escrita são atividades complementares e mais que isso, são fundamentais em aulas de Ciências, pois “como o diálogo é importante para gerar, clarificar, compartilhar e distribuir ideias entre os alunos, o uso da escrita se apresenta como instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento” (CARVALHO, 2013, p. 13).

A SEI está organizada de modo a permitir a realização de sistematização coletiva do conhecimento durante as aulas sete, oito, nove e dez. Este momento é fundamental pois, “ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado” (CARVALHO, 2013, p. 12).

Além das discussões e do conteúdo apresentado nas aulas citadas, também é interessante realizar a sistematização a partir da utilização de textos, pois, conforme afirmação de Carvalho (2013), este emprega uma linguagem mais formal. A utilização desse tipo de material pode ser verificada nas aulas sete, sobre micro-ondas, e oito, sobre raios X. Podemos notar que a sistematização da SEI também deve ser complementar ao problema

central, possibilitando as estudantes compararem o que fizeram com o que está sendo sistematizado.

Neste sentido, consideramos importante inserirmos conceitos como, por exemplo, os tipos de radiação, espectro eletromagnético, raios-X e micro-ondas, pois são conteúdos complementares ao problema central da SEI e que normalmente não fazem parte do plano de ensino da maioria dos professores de Física de nível básico.

Outra orientação importante é fazer com que os estudantes consigam enxergar aplicações dos saberes construídos em situações distintas daquelas que deram origem à aprendizagem inicial. Para tanto, sugerimos que essas aplicações sejam retomadas na aula onze da SEI, onde deverão ser revistos os conteúdos de raios-X, a diferença entre radiação e radioatividade, além de apresentar as radiações ionizantes e não ionizantes a partir do espectro eletromagnético. Também sugerimos revisão do conteúdo de micro-ondas, salientando-se suas aplicações tanto na utilização para aquecimento dos alimentos, quanto em seu uso nas telecomunicações. Os tipos de radiação alfa, beta e gama bem como seu decaimento podem ser relembrados a partir da menção à atividade do quebra-cabeça. Em suma, devem ser apresentadas as diversas aplicações das radiações, tendo em vista as descobertas tecnológicas e o problema central da SEI.

Deve-se observar que a avaliação realizada ao final da SEI tem caráter diferenciado, pois se trata da elaboração de uma carta-resposta baseada na adaptação da proposta de Montanher e Pinto Neto (2011). Esta carta deve ser distribuída aos estudantes e discutida em sala de aula, para, em seguida, os alunos elaborarem individualmente uma carta-resposta explicando o que haviam entendido e respondendo aos questionamentos presentes na carta que receberam. Apostamos nesta estratégia, pois, “o tom familiar da carta leva o aluno a expressar-se e raciocinar de uma forma que lhe é mais familiar que um texto acadêmico, seja um relatório, questionário, monografia, etc.” (MONTANHER e PINTO NETO, 2011, p. 9).

Espera-se que com a elaboração desta carta-resposta, os estudantes consigam justificar as suas explicações, pois é nesta ação que os estudantes buscam uma justificativa, uma argumentação científica. Neste momento, existe a necessidade de utilizar um conceito que explique o fenômeno, ou seja, de acordo com Carvalho (2013, p. 13), “há a possibilidade de ampliação do vocabulário dos alunos”.

Destacamos ainda a importância da carta da vovó Deolinda por apresentar um problema social, referente à falta de conhecimento da avó sobre o processo de irradiação de alimentos. A carta apresenta comentários sobre a instalação de uma empresa que irradia e comercializa alimentos irradiados, pois estes duram mais e que não têm bichos. A relação entre o problema estudado e o problema social também é apontada por Carvalho (2013) como relevante para o processo de ensino-aprendizagem em aulas de caráter investigativo. Por concordarmos com essa afirmação e acharmos importante apresentar tal relação, indicamos uma atividade que fizesse isso e que pudesse avaliar os conhecimentos dos estudantes após a implementação de todas as etapas da SEI.

Salientamos que, em caso de dúvidas, a discussão e a análise da implementação da SEI, bem como uma breve revisão de literatura sobre o ensino de FMC no EM e sobre o Ensino por Investigação, além das considerações gerais sobre a pesquisa que resultou na elaboração desta SEI, podem ser encontrados no texto da dissertação de Baumer (2017), que deu origem a este Produto Educacional.

Sugestões de Leitura

Nesta seção apresentamos algumas sugestões de leitura para que o professor possa aprimorar seus conhecimentos sobre o Ensino por Investigação e sobre a temática abordada ao longo desta SEI, a “Irradiação de Alimentos”. Também indicamos trabalhos que versam sobre a importância da inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

BATISTA, Carlos; SIQUEIRA, Maxwell; REIS, Yasmin; BAPTISTA, Alberto.. A inserção da física moderna e contemporânea em sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a Radioatividade. In: XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2016, Natal. **Atas do XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2016.

BAUMER, Ana Luiza. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio sob uma Perspectiva Investigativa: A Irradiação de Alimentos**. Joinville: Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias – Universidade do Estado de Santa Catarina. Mestrado em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias, 2017. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://www.cct.udesc.br/?id=2268>.

BELLUCCO, Alex. **Argumentação Matemática em Aulas Investigativas de Física**. 2015. 251f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-12052015-135710/pt-br.php>. Acesso em: 27 jun. 2016.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, Marcos Daniel. (org) **O Uno e o Diverso na Educação**. Uberlândia/MG: EDUFU, 2011. Disponível em: http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/276017/mod_resource/content/1/TEXTO5_SEI.pdf. Acesso em: 15 jun. 2015.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013, v. 1, p. 01-15.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F.M. T.; GRECA, I. M. (Eds.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. 2.ed. Ijuí: Unijuí,v. 1, p. 13-47, 2011.

CLEMENT, Luiz. **Autodeterminação e ensino por investigação: construindo elementos para promoção da autonomia em aulas de física**. 2013. 334f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <www.fcc.org.br/fcc/images/pesquisa/premio_capes/pdf/LuizClement.pdf>. Acesso em: 24 set. 2015.

CLEMENT, Luiz; CUSTÓDIO, José F.; ALVES FILHO, José de P.. Potencialidades do ensino por investigação para promoção da motivação autônoma na educação científica. **Alexandria (UFSC)**, v. 8, p. 101-129, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/viewFile/1982-5153.2015v8n1p101/29302>. Acesso em: 5 jul. 2016.

COSTA, A. A.; ZÉTULA, A. P. R.; LIMA, E. C.; GUINESE, L. **Irradiação de Alimentos**. 2010. Disponível em: www.asmec.br/biblioteca/anais2010/024.pdf. Acesso em: 11 abr. 2017.

FERRAZ, Arthur T.; SASSERON, Lúcia H. Ações do professor para promover argumentação em aulas investigativas. In: XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2012, Maresias. **Anais eletrônicos...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2012.

LIMA, Keila S. C.; GROSSI, Jorge L. S.; LIMA, Antonio L. S.; ALVES, P. F. M. P.; CONEGLIAN, Regina C. C.; GODOY, Ronoel L. O.; SABAA-SRUR, Armando, U. O.. Efeito da Irradiação Ionizante γ na qualidade pós-colheita de Cenouras (*Daucuscarota L.*) cv. Nantes. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 21, n. 2, pp. 202-208, maio-ago. 2001.

MONTANHER, Valter César; PINTO NETO, Pedro da Cunha. O caso da irradiação de alimentos: contexto e pretexto para o ensino de Física. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 19., 2011. Manaus. Anais Eletrônicos... Manaus, 2011.

MUNFORD, Danusa; LIMA, Maria Emilia Caixeta de Castro. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Revista Ensaio**, v. 9, n. 1, 2007. Disponível em: <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/122/172>. Acesso em: 23 set. 2015.

SAMAGAIA, Rafaela; PEDUZZI, Luiz O. Q. Uma experiência com o Projeto Manhattan no Ensino Fundamental. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 259-276, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n2/08.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2017.

SCHMIEDECKE, Winston G.; VALENTE, Ligia.. Energia nuclear: uma ilustre desconhecida dos licenciandos em física. In: XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2012, Maresias. **Anais eletrônicos...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2012.

VENTURA, Diana; RUFINO, Joana; NUNES, Cláudia. **Utilização de irradiação no tratamento de alimentos**. Coimbra: Escola Superior Agrária de Coimbra, 2010. Disponível em: www.esac.pt/noronha/pga/0910/trabalho_mod2/irradiacao_grupo4_t2_word.pdf. Acesso em 23 out. 2016.

ZÔMPERO, Andreia de Freitas; SAMPAIO, Helenara Regina Sampaio; LABURÚ, Carlos Eduardo; GONÇALVES, Carlos Eduardo de Souza. Atividade Investigativa na perspectiva da Aprendizagem Significativa: Uma Aplicação no Ensino Fundamental com a utilização de Tabelas Nutricionais. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá, Colombia, v. 9, p. 10, 2014. Disponível em: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/article/view/5752>. Acesso em: 31 maio 2016.

Referências

BAUMER, Ana Luiza. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio sob uma Perspectiva Investigativa:** A Irradiação de Alimentos. Joinville: Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias – Universidade do Estado de Santa Catarina. Mestrado em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias, 2017. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <http://www.cct.udesc.br/?id=2268>.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação:** condições para implementação em sala de aula. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013, v. 1, p. 01-15.

MONTANHER, Valter César; PINTO NETO, Pedro da Cunha. O caso da irradiação de alimentos: contexto e pretexto para o ensino de Física. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 19, 2011. Manaus. **Anais Eletrônicos...** Manaus, 2011.

MUNDO ESTRANHO, Redação. **Como funciona o forno de microondas?** Disponível em: <http://mundoestranho.abril.com.br/tecnologia/como-funciona-o-forno-de-microondas/>. Acesso em: 01 nov. 2016.

SEE/SP. Secretaria de Estado da Educação de São Paulo. Proposta Curricular. **Caderno do Professor. Física.** São Paulo: IMESP. 2008.

SOUZA, Wellington Batista. **Física das Radiações: uma proposta para o Ensino Médio.** São Paulo: Mestrado em Ensino de Ciências - Universidade de São Paulo. Mestrado em Ensino de Ciências, 2009. Dissertação de Mestrado. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-17092012-141621/publico/Wellington_Batista_de_Sousa.pdf. Acesso em: 2 jul. 2016.