



UFOP

Universidade Federal  
de Ouro Preto

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS  
ÁREA: ENSINO DE FÍSICA



MESTRADO PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE CIÊNCIAS

KÁTIA SOLANGE FONSECA DO ROSÁRIO VILELA

Metodologias para o Ensino de Física das Radiações

Ouro Preto – Minas Gerais

2015

## APRESENTAÇÃO

Caro (a) Professor (a),

Iniciei minha aventura pelo caminho da docência no ano de 1995. A princípio apenas como uma forma de obter renda, já que ainda era estudante do curso de Engenharia de Minas na Universidade Federal de Ouro Preto. Mas como muitos afirmam, e eu pude comprovar, a docência é mesmo uma cachaça, que nos vicia e nos faz querer largar tudo para praticá-la. Abandonei o curso de engenharia de Minas e fui cursar licenciatura em Física. Apesar da paixão em ensinar, a inexperiência me trouxe uma série de obstáculos. Obstáculos estes que foram sendo superados enquanto a experiência era adquirida dia após dia. Lecionei para os mais diversos públicos, de estudantes do 5º ano a cursos destinados a jovens e adultos, passando pelo ensino médio, cursinhos pré-vestibulares e graduação. Cada modalidade de ensino, um novo aprendizado e a busca constante de novas metodologias que tornassem o ensino de Ciências/Física mais próximo e atraente para os estudantes. Pela experiência acumulada nestes 20 anos de docência, trabalhar com adultos foi a experiência mais gratificante. Minha inserção na Educação de Jovens e Adultos ocorreu nos projetos de fluxo escolar como “*Acertando o Passo*” e “*A Caminho da Cidadania*”, propostos pela Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais – SEEMG. O grande desafio destes projetos era adequar metodologia, avaliação e proposta curricular que levasse em conta a diversidade que marca o público jovem e adulto. Atualmente, tal modalidade de ensino se denomina Educação de Jovens e Adultos (EJA). Trabalhar com EJA nos faz refletir constantemente sobre a nossa prática docente e nos leva a entender como a educação é uma transformadora da realidade que nos cerca, sendo uma experiência motivadora, apaixonante e empolgante. Sempre lecionei simultaneamente no ensino médio da EJA e do ensino regular e as diferenças entre os estudantes dessas modalidades são facilmente observadas no dia a dia através dos seus comportamentos, interesses, motivações e desejos. A maioria dos estudantes da EJA se mostra mais interessada e compromissada do que os estudantes do ensino regular. Embora a carga horária semanal na modalidade EJA seja menor que no ensino regular, nota-se na EJA um maior rendimento dos conteúdos desenvolvidos. E foi em uma dessas aulas que emergiu o meu problema de pesquisa. Em 2012, lecionando Física para uma turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola municipal da cidade de João Monlevade – MG discutíamos conceitos de ondas eletromagnéticas quando um aluno levantou a mão e disse: “*Professora, ensina pra gente sobre o forno micro-ondas?*”. Para minha surpresa, os demais estudantes da turma

começaram a falar todos ao mesmo tempo, reforçando o pedido do colega. Fiquei curiosa com a questão e perguntei por que eles queriam saber mais sobre o forno de micro-ondas. As respostas foram as mais diversas possíveis, uns afirmaram que era só curiosidade mesmo, outros que tinham o aparelho em casa e não sabia usar, outros disseram ter medo de usá-lo, outros ainda começaram a questionar se causava câncer, se era perigoso, se tinha perigo de explodir, se contaminava os alimentos, enfim, foram inúmeros os questionamentos. Foi neste momento que percebi que o forno de micro-ondas, apesar de tão comum na maioria das casas, ainda era um aparato tecnológico cujo funcionamento trazia uma série de mitos, medos e incertezas. Elaborei algumas aulas para discutir o assunto e estas foram muito proveitosas. Infelizmente já estávamos no final do ano letivo e o tempo não foi suficiente para discutirmos outras formas de radiação, ficando o estudo restrito ao micro-ondas. Em 2013, com a oportunidade de cursar o Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, área de concentração Ensino de Física, da Universidade Federal de Ouro Preto, acreditei ser interessante dar sequência ao projeto, enriquecendo-o com a discussão de outras formas de radiação eletromagnética.

Esse Produto Educacional é resultado do desenvolvimento da pesquisa intitulada “ A utilização do forno de micro-ondas no Ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos (EJA)” realizada no âmbito do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências/Física da Universidade Federal de Ouro Preto. Este produto tem o formato de um caderno de orientações para os professores, elaboradas a partir das atividades vivenciadas por alunos do 3º ano do Ensino Médio da EJA. Essas atividades foram estabelecidas visando desmistificar a idéia de que toda forma de radiação é prejudicial, permitindo ao estudante identificar as principais formas de radiação, sua interação com a matéria, sua utilização na sociedade e possíveis meios de detectá-las. Compartilharmos nossas experiências com a expectativa de que possam contribuir em sua prática pedagógica de modo que o ensino de Física se torne agente na transformação para uma sociedade mais humanizada, em que todas as pessoas possam atuar sobre o mundo de forma a transformá-lo num mundo melhor.

Para conhecer em detalhes o contexto do desenvolvimento desta pesquisa, bem como os estudos teóricos que a subsidiaram você pode acessar a dissertação na página [www.mpec.ufop.br](http://www.mpec.ufop.br).

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1 – Espectro Eletromagnético.....  | 09 |
| FIGURA 2 – Forno de micro-ondas .....   | 10 |
| FIGURA 3 – Forno de micro-ondas.....  | 11 |
| FIGURA 4 – Simulação PhET colorado: micro-ondas atuando em uma molécula de água.....              | 14 |
| FIGURA 5 - Simulação PhET colorado: micro-ondas atuando em várias moléculas de água.....          | 14 |
| FIGURA 6 – Superaquecimento da água.....  | 16 |
| FIGURA 7 – Papel alumínio aquecido em forno de micro-ondas.....                                   | 17 |
| FIGURA 8 – Mitos e verdades sobre o funcionamento do forno de micro-ondas.....                    | 18 |
| FIGURA 9 – Etapas do preparo de pipoca comum com água (sem óleo) .....                            | 19 |
| FIGURA 10 – Radiação infravermelha do controle remoto observada através da câmera de celular..... | 20 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. A literatura de pesquisa sobre o tema.....                         | 06 |
| 2. Física das Radiações.....  | 07 |
| 3. O espectro eletromagnético.....                                    | 08 |
| 4. O forno de micro-ondas.....  | 10 |
| 5. Sequência de atividades.....                                       | 13 |
| Atividade 1: Atuação das micro-ondas nas moléculas de água.....       | 13 |
| Atividade 2: Atuação das micro-ondas nas moléculas do vidro.....      | 15 |
| Atividade 3: Superaquecimento da água.....                            | 15 |
| Atividade 4: Metais no micro-ondas.....                               | 16 |
| Atividade 5: Mitos e verdades sobre o forno de micro-ondas.....       | 17 |
| Atividade 6: Pipoca feita com água.....                               | 18 |
| Atividade 7: Determinação da potência de um forno de micro-ondas..... | 19 |
| Atividade 8: Enxergando o infravermelho.....                          | 20 |
| 6. Considerações Finais.....  | 21 |
| 7. Referências Bibliográficas.....                                    | 22 |

## 1. A literatura de pesquisa sobre o tema

É notório o crescente desenvolvimento da tecnologia em nossa sociedade. Basta que se considere a quantidade de artefatos que surgiram com o desenvolvimento da eletrônica, como aparelhos de telefonia móvel, computadores, tecnologia *wi-fi*, GPS's, controles remotos, fornos de micro-ondas, portões eletrônicos, sensores de presença, detectores de metais, raios X dentre outros tão comuns em nossa sociedade moderna. E para compreender este mundo altamente tecnológico, é relevante que temas de Física Moderna sejam abordados nas escolas, como por exemplo, a Física das Radiações. As fontes de radiação se encontram por toda a parte e o ser humano está exposto às suas diversas formas, como as que vêm do espaço, dos alimentos, dos equipamentos médicos, do ar, dos aparelhos eletrônicos, etc. A distinção entre a radiação que é prejudicial e a que é benéfica ao ser humano é uma questão relevante que deve ser discutida no ambiente escolar. As tecnologias e aplicações das diversas formas de radiação estão muito presentes no cotidiano da sociedade moderna, justificando as discussões sobre o tema. Por desconhecimento do assunto, a radiação gera reações de medo e ansiedade em muitas pessoas, que acreditam que esta seja sempre nociva aos seres vivos. O sensacionalismo da mídia e dos filmes de ficção científica, que atribuem à radiação os mais incríveis poderes, ajuda a perpetuar esta ideia. Comumente, encontra-se a palavra radiação associada a seus efeitos negativos, como a bomba atômica lançada sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki em 1945, ao acidente com o Césio 137 na cidade de Goiânia em 1987 e à explosão dos reatores nucleares de Chernobyl e Fukushima, ocorridos na Ucrânia em 1986 e no Japão em 2011, respectivamente.

Optou-se por escolher o forno de micro-ondas em virtude de sua grande utilização pela sociedade moderna, e ainda assim envolver diversas situações que causam dúvida e insegurança nas pessoas. As dúvidas mais comuns dizem respeito ao tipo de material que pode ser utilizado nestes fornos, o risco de contaminação dos alimentos pelas micro-ondas, a possibilidade de vazamento dessa radiação e o que isto causaria à pessoa que o está utilizando. Este produto busca auxiliar os professores de Física a mostrar, de forma crítica a possibilidade de ocorrer tais situações e buscar explicações científicas para estes fatos. Estudos afirmam que, quando a experiência de vida dos alunos é privilegiada, a compreensão das aplicações tecnológicas presentes no mundo atual se torna facilitada.

Nos livros utilizados no Ensino Médio, as informações relacionadas à aplicação da Física em produtos tecnológicos geralmente são superficiais ou não existem. Portanto, é importante a elaboração de materiais didáticos que discutam a aplicação da Física nos

produtos da tecnologia tão presentes em nossa sociedade moderna. Em um trabalho de revisão bibliográfica MAI (2007) constata “a precariedade de publicações didáticas sobre o uso e aplicação de conceitos físicos nos produtos tecnológicos que utilizamos no cotidiano.” O autor afirma ainda que nos livros utilizados no ensino médio, as informações sobre o tema, quando ocorrem, são superficiais.

Pretende-se com esta proposta auxiliar os professores da EJA a desmistificar a ideia de que toda forma de radiação é prejudicial, possibilitando aos estudantes identificar as diversas formas de radiação, sua interação com a matéria, sua utilização e possíveis meios de detectá-las, usando para isso, o forno de micro-ondas.

## **2. Física das Radiações**

O interesse da sociedade sobre o tema radiação vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, principalmente por causa dos acidentes radiológicos que ocorreram. Apesar de o tema ser moderno e com inúmeras aplicações importantes, pouco se encontra sobre o assunto na literatura utilizada nas escolas.

Okuno (2007, p.11) define radiação como “uma forma de energia, emitida por uma fonte e que se propaga de um ponto a outro sob forma de partículas com ou sem carga elétrica, ou ainda sob a forma de ondas eletromagnéticas”. O termo radiação refere-se tanto a partículas como a ondas eletromagnéticas. (LIMA, 2007). A radiação constituída de partículas elementares ou núcleos atômicos, como elétrons, pósitrons, prótons, nêutrons, partículas alfa, entre outros, é denominada radiação corpuscular. Já a radiação eletromagnética é constituída de ondas eletromagnéticas, que são campos elétricos e magnéticos oscilantes (perpendiculares entre si) que se propagam no vácuo com a velocidade da luz ( $c = 3.10^8$  m/s). A energia, geração e forma de interação com a matéria caracterizam cada radiação.

Sousa (2009, p.40) classifica o conjunto das radiações eletromagnéticas segundo os efeitos de alteração estrutural que provocam na matéria sobre as quais incidem. Nesta perspectiva, a radiação pode ser ionizante ou não ionizante, dependendo da sua capacidade de arrancar elétrons de um corpo, transformando-os em íons. Tal fato depende da energia associada à radiação. As radiações ionizantes provocam uma ruptura na organização do átomo ou molécula, enquanto as radiações não ionizantes provocam alterações temporárias e não alteram a organização eletrônica da matéria. A energia associada aos fótons de cada radiação é que determina seu caráter ionizante ou não. Do espectro eletromagnético, apenas os raios X e os raios gama são considerados ionizantes. A radiação ultravioleta, apesar de ter o seu

comprimento de onda no limite entre radiação ionizante e não ionizante, é considerada não ionizante por ter baixo poder de penetração na matéria. (OKUNO, 2005, p.17)

Apesar de comuns no cotidiano da sociedade moderna, alguns aparelhos que funcionam utilizando alguma forma de radiação geram reações de medo e ansiedade nas pessoas. Isto pode estar relacionado ao fato do termo radiação ser, geralmente, associado aos seus efeitos negativos, como as bombas atômicas, acidentes nucleares e diversos tipos de câncer. Apesar disto, o que se observa é um crescente uso das tecnologias *wi fi*, telefonia móvel, *GPS*'s e outras. Diante desta situação, conclui-se que, muito do medo associado ao tema se origina de um desconhecimento do que seria a própria radiação. Aliado a esse desconhecimento, nota-se uma carência de materiais de comunicação que permitam a transição da informação técnico-científica para a compreensão do público leigo. (DUTRA, 2010). A autora constatou, em sua pesquisa, que o maior temor frente à radiação é a associação com a geração de câncer, e que a falta de informação sobre o assunto faz com que as pessoas associem todas as radiações a um perigo mortal. Ela defende a discussão do tema nas escolas afirmando que isto pode proporcionar aos estudantes melhores condições de debate sobre o tema, tranquilizando-as quanto às radiações e suas tecnologias.

Ao avaliar livros didáticos Pereira Jr, Lobato e Medeiros (2008, p.2) concluíram que o conteúdo radiação é abordado de maneira tradicional, ficando distante do cotidiano dos estudantes. E que o tema se restringe às radiações provenientes de núcleos atômicos instáveis.

Ao abordar o tema radiação, é importante que o mesmo esteja contextualizado ao cotidiano dos estudantes, despertando o interesse em aprender e compreender alguns fenômenos e tecnologias que o cercam. (PEREIRA JR, LOBATO E MEDEIROS, 2008, p.11) Como alternativa para minimizar esses problemas, os autores sugerem a discussão de fenômenos presentes no cotidiano dos estudantes, como o ensino de radiações, abordando o tema de maneira contextualizada, mostrando avanços tecnológicos promovidos pela utilização das radiações.

### **3. Espectro Eletromagnético**

Para Vilela e Okuno (2005, p.9) “O espectro eletromagnético é constituído por ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda que variam de uma faixa extremamente ampla.” As autoras afirmam que esta separação por comprimento de onda ou por frequência não é muito rigorosa, e foram elaboradas mais por motivos históricos.

A radiação infravermelha foi a primeira a ser descoberta, em 1880, depois da luz. A seguir foram descobertas a radiação ultravioleta, em 1881, as ondas de



rádio, em 1888, a radiação X, em 1895, a radiação gama, em 1900, e as micro-ondas, em 1932. (VILELA, OKUNO, 2005, p. 9)

Vilela e Okuno (2005, p.9) defendem a caracterização das ondas eletromagnéticas em termos de frequência entre 0 Hz e início do infravermelho, em termos do comprimento de onda para a radiação composta por infravermelho, luz visível e ultravioleta, e em termos da energia de fóton para os raios X e raios gama.

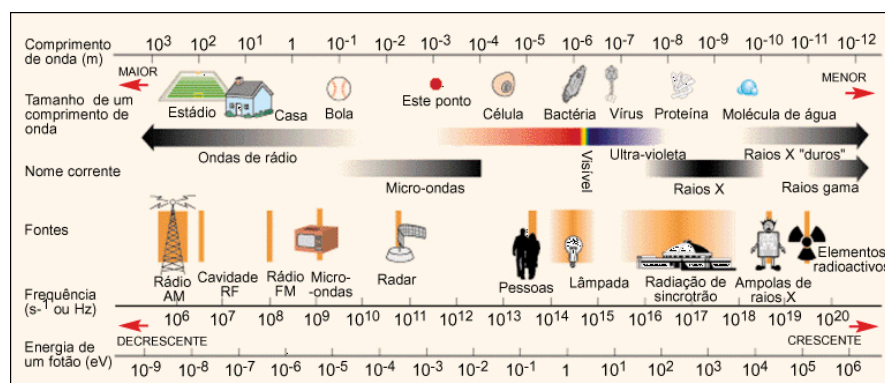


Figura 1 : Espectro Eletromagnético (<http://pt.wikinoticia.com/Tecnologia/geral%20tecnologia/64659-x-ray>).

As ondas eletromagnéticas diferem umas das outras pela sua frequência, e consequentemente, seu comprimento de onda. As ondas de rádio, de TV, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama são exemplos de ondas eletromagnéticas. O conjunto dessas ondas é chamado espectro eletromagnético.

A energia de uma onda eletromagnética só pode assumir valores discretos, sendo por isso chamada de quantizada. Quando uma onda eletromagnética interage com a matéria, a absorção e a emissão de energia só ocorrem em quantidades discretas de energia denominadas quanta ou fótons. Em 1905, Albert Einstein assumiu que toda onda eletromagnética com frequência  $\nu$  era constituída por fótons, sendo que para todos os quanta ou fóton, a energia  $E$ , é dada por:

$$E = h\nu$$

Onde  $h$  é a constante de Planck e tem valor  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$  e  $\nu$  é a frequência da onda eletromagnética. A energia de uma onda eletromagnética é a energia do fóton dessa onda. Como a energia é diretamente proporcional à frequência da onda, quanto maior a sua frequência, maior a energia de seus fótons. Observando as ondas eletromagnéticas no espectro da figura 1, pode-se concluir que os fótons mais energéticos são os dos raios X e gama, o que os caracteriza como radiação ionizante.

#### 4. O forno de micro-ondas

As micro-ondas são ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda entre 1 mm e 1m e frequências entre  $10^{11}$  Hz e  $10^8$  Hz, aproximadamente, situando-se portanto, entre as ondas de rádio e o infravermelho no espectro eletromagnético.

O primeiro uso prático das micro-ondas foi na construção de radares, nas décadas de 40 e 50. (CARVALHO, 2005, p.1). Hoje em dia, as micro-ondas são utilizadas como portadoras de informação e para gerar aquecimento.

A pesquisa de sistemas de radar levou também à descoberta acidental da aplicação mais corriqueira hoje em dia para as microondas, que são os fornos de microondas. O efeito de aquecimento das moléculas de água pela radiação de microondas é usado hoje em dia em fornos domésticos ou industriais, ou ainda em Medicina, para tratamento de tumores e inflamações. (CARVALHO, 2005, p.3)

Nos fornos de micro-ondas, um dispositivo chamado magnetron é responsável por gerar micro-ondas de elevada potência.

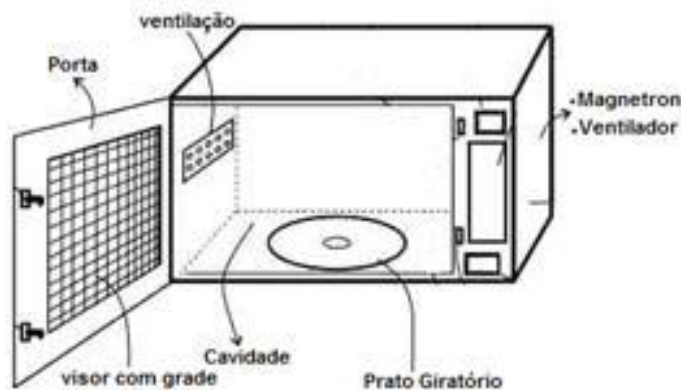


Figura 2 – Forno de micro-ondas.

Fonte: Artigo “Pequenos artigos grandes ideias: instrumentação para ensino de Física” – Dâmaris Letíssia Silva.

Nos dias atuais, existem inúmeras aplicações para a radiação na faixa das micro-ondas. O Radar (do inglês *RA*dio *D*etection *And* *R*anging) foi a primeira aplicação tecnológica desta faixa de frequência e, em seguida, o desenvolvimento dos MASERs e LASERs. Apesar da utilização das micro-ondas na medicina, como tratamento de tumores cancerígenos e inflamações como artrites e reumatismos, seu uso ainda é restrito a áreas experimentais, já que ainda não estão bem estabelecidos os critérios de utilização segura dessa radiação. (CARVALHO, 2005, p.41)

O forno de micro-ondas, aparelho tão comum nos lares da sociedade moderna, é resultado de uma descoberta acidental, onde cientistas, trabalhando com radares durante a Segunda Guerra Mundial, perceberam que alimentos deixados próximos à fonte eram aquecidos.

Essa propriedade das microondas foi utilizada na construção de alguns fornos experimentais, que eram grandes e caros. No final dos anos 1960, começaram a ser projetados fornos mais convenientes para uso doméstico. Esses fornos estão se tornando cada vez mais populares porque cozinham os alimentos rapidamente. São também muito eficientes no uso da eletricidade, pois aquecem apenas os alimentos, e nada mais. (CARVALHO, 2005, p.25).

Carvalho (2005, p.25) elenca os principais componentes do forno de micro-ondas como sendo:

- Uma fonte de tensão;
- Um transformador e um retificador;
- O magnetron;
- Uma guia de ondas;
- Uma cavidade ou câmara de cozimento.

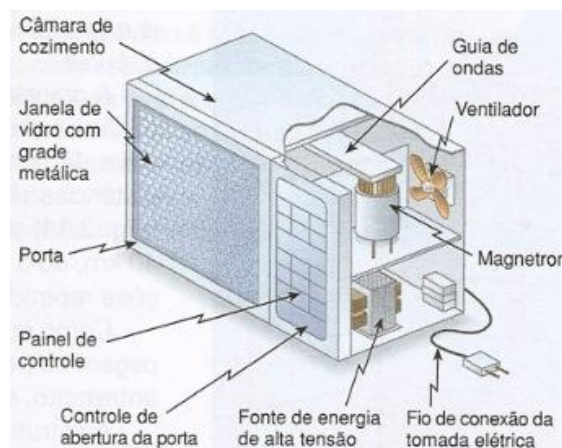


Figura 3 – Forno de micro-ondas.

Fonte: <http://www.coladaweb.com/curiosidades/forno-de-micro-ondas-como-funciona>.

A frequência de 2,45 GHz é a mais utilizada nos fornos de micro-ondas domésticos por ter um comprimento de onda comparável ao tamanho do forno.

A radiação com essa frequência é absorvida pela água, açúcares e gorduras, mas não o é pela maioria dos plásticos, vidros e cerâmicas. Por isso as microondas são capazes de aquecer os alimentos sem provocar o aquecimento do vasilhame. Estes se aquecem apenas devido ao contato com os alimentos quentes. (CARVALHO, 2005, p.25).

A energia das micro-ondas é facilmente absorvida pelas moléculas polares dos alimentos, provocando uma agitação nestas moléculas e produzindo calor, cozinhando os

alimentos. Por isso as micro-ondas são capazes de aquecer os alimentos sem aquecer os recipientes. Moléculas polares, como água, açúcar e gorduras tendem a se alinhar com o campo elétrico da radiação, que muda rapidamente, fazendo com que cada molécula procure acompanhar essa mudança, arrastando as moléculas vizinhas, que, devido à viscosidade da substância, se opõem ao alinhamento (CARVALHO, 2005, p.25). Tal fato provoca um aquecimento diretamente no interior do alimento.

Os metais refletem as micro-ondas e, por esta razão, não são indicados para serem utilizados nos fornos de micro-ondas, pois, atuariam como uma barreira para a radiação e aumentariam o tempo de cozimento (SOUSA, 2009, p.12). Carvalho (2005, p.25) reforça que a utilização de papel alumínio para recobrir partes do alimento é interessante quando se deseja blindar esta parte, diminuindo o seu aquecimento, mas que não se devem deixar pontas do papel para evitar surgimento de faíscas. As faíscas são provocadas pelo fenômeno conhecido como *poder das pontas*, que é quando as cargas elétricas se concentram nas regiões mais pontiagudas, sendo, em seguida, descarregadas para o meio.

Assim como as micro-ondas aquecem as moléculas de água dos alimentos, também podem aquecer as moléculas de água do corpo humano, o que seria extremamente danoso, lembrando que grande parte do corpo humano é composta por moléculas de água. Por isto é fundamental evitar o vazamento desta forma de radiação para o meio externo. Como dispositivo de segurança contra vazamentos, estes aparelhos têm uma espécie de grade de metal entre os vidros da porta, impedindo que as micro-ondas saiam da cavidade do forno. Por ser o comprimento de onda das aberturas da grade muito menor que o comprimento de onda das micro-ondas, estas não conseguem escapar. Já o comprimento da luz visível é muito menor que o da grade, permitindo a passagem da luz visível e conseqüentemente, possibilitando que se veja em seu interior. Além deste dispositivo de segurança, a porta do aparelho tem uma trava de segurança que não permite que o mesmo funcione com a porta aberta.

O prato giratório no interior do forno tem a função de fazer com que a distribuição da radiação ocorra de maneira uniforme.

Como as microondas são refletidas pelas paredes do forno, acabam formando um padrão de ondas estacionárias dentro da câmara de cozimento. Como existem zonas onde as ondas interferem construtivamente e outras onde há interferência destrutiva, pode ocorrer que algumas partes do alimento fiquem mais cozidas que outras. (CARVALHO, 2005, p.29).

Carvalho (2005, p.29) desmistifica a ideia de que as micro-ondas contaminam ou provocam algum tipo de degradação nos alimentos, dizendo ser esta forma de radiação de

baixa energia e incapaz de alterar a estrutura molecular dos alimentos, ao contrário da irradiação com os raios X ou raios gama, que são radiações de maior energia. Além disso, “por serem ondas eletromagnéticas, as microondas não permanecem dentro dos alimentos, não havendo nenhum tipo de *contaminação residual*”. (CARVALHO, 2005, p.29. grifo da autora).

Portanto, o cozimento de um alimento em um forno de micro-ondas se compara ao cozimento em fogão convencional, diferenciando pela forma como o cozimento acontece. No forno de micro-ondas, o aquecimento é mais rápido e se dá de dentro para fora, enquanto no fogão convencional o aquecimento é mais lento e ocorre de fora para dentro, através de processos de transmissão de calor, como condução e convecção.

Ao se utilizar um forno de micro-ondas alguns cuidados são importantes para evitar acidentes e obter um melhor funcionamento do aparelho.

Dentre eles:

- Não ligar o aparelho vazio;
- Utilizar utensílios próprios para o forno de micro-ondas. Entre eles, estão refratários de vidro e recipientes de plástico;
- As micro-ondas não assam, apenas cozinham. Porém não dá para fazer pão, esfiha e outros salgados assados;
- Certos pratos devem ser cobertos, mexidos, virados e misturados da mesma forma que se faz no fogão convencional;
- A textura e a quantidade dos alimentos determinam o tempo de cozimento e a potência com que o aparelho vai trabalhar;
- Pedacos menores de alimentos aquecem mais rápido que pedacos grandes. Portanto, para conseguir uma mistura homogênea, os alimentos devem ser cortados em pedacos iguais;
- Os melhores recipientes para o cozimento são os refratários redondos, pois eles não ressecam as bordas dos alimentos;
- Na dúvida sobre usar ou não a tampa, devem ser cobertos os alimentos que precisam de proteção no preparo com o fogão tradicional.

## 5. Sequência de atividades

**Atividade 1:** Atuação das micro-ondas nas moléculas de água.

Objetivo: Compreender a atuação das micro-ondas sobre as moléculas de água.

Estratégia utilizada: Simulação PhET Colorado.

Material necessário: Aparelho de Data show. Simulação PhET Colorado (Microwaves).

Desenvolvimento: *Mais rápido e eficiente do que um fogão a gás, o forno de micro-ondas aquece e descongela alimentos rapidamente, e por inteiro. Como ele consegue realizar esse “milagre”?*

Como seria inviável a visualização através de experimentos, optou-se por trabalhar com uma simulação do PhET Colorado (<http://phet.colorado.edu/pt/simulation/microwaves>) Acessado em 13/06/2014). As Figuras 4 e 5 mostram as páginas desta simulação.

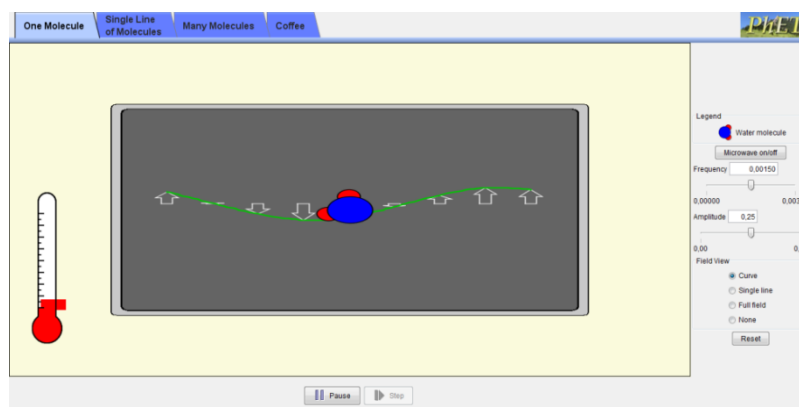


Figura 4: Simulação PhET Colorado – As micro-ondas atuando em uma molécula de água.

A simulação apresenta, inicialmente, a atuação das micro-ondas em apenas uma molécula de água. Na Figura 4 pode-se ver a molécula durante a ação das micro-ondas. Neste momento, foi discutida a estrutura molecular da água e os estudantes instigados a identificar na simulação os átomos componentes da molécula de água.

Em seguida, os estudantes foram questionados sobre as modificações observadas em relação à temperatura, indicada pelo termômetro à esquerda na simulação. Estes perceberam facilmente que a temperatura se eleva quando a molécula de água está sob a ação das micro-ondas. Ao serem indagados sobre o que ocorreria se houvessem mais moléculas, os estudantes não tiveram dificuldades em responder que aumentaria mais. Tal fato pode ser comprovado com a segunda parte da simulação, apresentada na Figura 5.

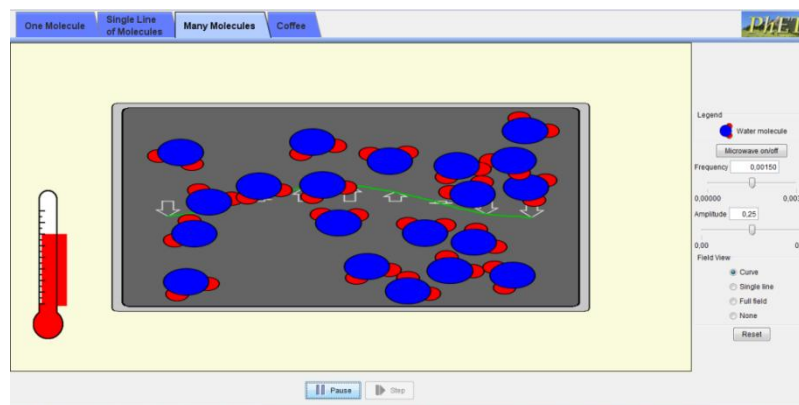


Figura 5: Simulação PhET Colorado – micro-ondas atuando em várias moléculas de água.

A simulação teve como principal objetivo auxiliar os estudantes na percepção de que as micro-ondas atuam nas moléculas de água fazendo-as vibrar e provocando o seu aquecimento.

**Atividade 2:** Atuação das micro-ondas nas moléculas do vidro.

Objetivo: Compreender a atuação das micro-ondas sobre as moléculas de materiais que não possuam água, como o vidro, por exemplo.

Estratégia utilizada: Experimento.

Materiais necessários: Forno de micro-ondas, copo de vidro e água.

Desenvolvimento: *O que acontece quando colocamos um copo vazio no forno de micro-ondas? E quando o colocamos com um pouco de água?*

Para verificar a atuação das micro-ondas sobre as moléculas de água e do vidro, o experimento propõe aquecer no forno de micro-ondas um copo de vidro vazio e depois este copo com um pouco de água. As micro-ondas atuam nas moléculas polares, e, portanto, atuam nas moléculas de água, gorduras e açúcares. Antes da apresentação do experimento é interessante questionar os estudantes sobre a possibilidade de aquecimento do copo vazio, visando conhecer suas concepções prévias. Como o copo de vidro vazio não tem água era de se esperar que o mesmo não fosse aquecido. Porém, pode ocorrer um pequeno aquecimento em função de haver gotículas de água no estado gasoso dentro do aparelho. É importante discutir as possíveis causas deste aquecimento, instigando os estudantes na busca de respostas. Momento propício para se discutir mudanças de estado físico da água.

Em seguida, colocar no forno de micro-ondas um copo de vidro contendo água e deixar por cerca de 10 segundos, para evitar que a água se aqueça a ponto de causar possíveis queimaduras. Permitir que os estudantes tenham contato com o copo para verificar se houve

mudanças de temperatura. As micro-ondas atuaram nas moléculas de água, aquecendo-as. Este calor foi transmitido por condução para o copo de vidro, aquecendo-o também.

**Atividade 3:** Superaquecimento da água.

Objetivo: Compreender o fenômeno do superaquecimento da água.

Estratégia utilizada: Experimento. (<https://www.youtube.com/watch?v=wnkdCwV9OeU>)

Material necessário: Aparelho de Data show.

Desenvolvimento: Após a discussão do aquecimento da água pelas micro-ondas, é interessante discutir o fenômeno do superaquecimento da água, uma vez que este é constantemente relatado em sites na internet. Por questões de segurança, optou-se por apresentar o experimento na forma de vídeo. O vídeo tem duração de nove segundos e apresenta um recipiente com água que foi aquecido no micro-ondas por um período de tempo suficiente para que a água se encontrasse próxima à ebulição. Em seguida é acrescentada uma colher de café solúvel e toda a água entra em ebulição instantaneamente, ficando como mostrado na Figura 6.



Figura 6: Imagem do vídeo Superaquecimento da Água. (<https://www.youtube.com/watch?v=wnkdCwV9OeU>. Acessado em 17/07/2014).

Quando a água é aquecida no fogão tradicional, surgem as correntes de convecção, fazendo com que a água mais quente suba enquanto a mais fria desce. No forno de micro-ondas a radiação atua em pontos específicos e a água não é aquecida de maneira uniforme. Alguns pontos ficam a temperaturas maiores que  $100^{\circ}\text{C}$  e outros pontos a temperaturas menores que  $100^{\circ}\text{C}$ . Quando algo é introduzido no recipiente, a água ferve instantaneamente. O recomendado é não ferver água no micro-ondas e, caso seja necessário, aguardar alguns instantes antes de retirá-la do micro-ondas, permitindo assim que o equilíbrio térmico seja



atingido.

**Atividade 4:** Metais no micro-ondas.

Objetivo: Compreender o aquecimento dos metais no micro-ondas.

Estratégia utilizada: Experimento. Vídeo.

Material necessário: Aparelho de Data show.

Desenvolvimento: *Por que não devemos colocar objetos metálicos no forno de micro-ondas?*

O experimento foi apresentado em forma de vídeo por questões de segurança em sala de aula. O experimento consiste em observar objetos metálicos aquecidos no forno de micro-ondas. ([https://www.youtube.com/watch?v=Gn1TGjeiU\\_Y](https://www.youtube.com/watch?v=Gn1TGjeiU_Y)). Acessado em 12/06/14.)

Não é recomendado aquecer objetos metálicos no forno de micro-ondas porque os metais, além de refletirem a radiação, no caso, as micro-ondas, também conduzem a eletricidade, podendo vir a incendiar. O experimento consiste em um vídeo onde um pedaço de alumínio se incendia ao ser aquecido no forno de micro-ondas. A Figura 7 mostra o papel alumínio em chamas dentro do forno de micro-ondas.



Figura 7: Imagem do vídeo “Aluminio em forno de micro-ondas”.

([https://www.youtube.com/watch?v=Gn1TGjeiU\\_Y](https://www.youtube.com/watch?v=Gn1TGjeiU_Y). Acessado em 12/06/2014).

**Atividade 5:** Mitos e Verdades sobre o forno de micro-ondas.

Objetivo: Discutir o que é mito e o que é verdade sobre o funcionamento do forno de micro-ondas.

Estratégia utilizada: Slides - Power point

Material necessário: Aparelho de Data show.

Desenvolvimento: Apesar do forno de micro-ondas fazer parte do cotidiano da maioria das pessoas, ainda existe muitos medos e mitos associados ao seu funcionamento. Alguns destes

mitos foram discutidos com os estudantes em uma atividade denominada “Mitos e Verdades” sobre as micro-ondas. A questão era colocada e os estudantes instigados a opinarem se a consideravam mito ou verdade.

|   | Questão  | Mito ou Verdade?   |
|---|--|--|
| 1 | <i>As micro-ondas podem contaminar os alimentos tornando-os radioativos?</i>                               | MITO. As micro-ondas apenas aquecem as moléculas de água, fazendo-as vibrar, transmitindo esse calor para os alimentos.  |
| 2 | <i>Os alimentos preparados no micro-ondas perdem o valor nutritivo?</i>                                    | VERDADE. Um alimento cozido em água perderá nutriente tanto no fogão tradicional quanto no forno de micro-ondas. Para minimizar as perdas de nutricionais o ideal é cozinhar o alimento no vapor.  |
| 3 | <i>Existe perigo das micro-ondas vazarem pela porta do aparelho?</i>                                       | MITO. As portas dos fornos de micro-ondas têm uma telinha que funciona como dispositivo de segurança. Essa telinha é quase do mesmo tamanho do comprimento de onda das micro-ondas, o que não permite a sua passagem.  |
| 4 | <i>Cozinhar ovo no micro-ondas pode explodir?</i>  | VERDADE. Dentro do ovo tem uma grande quantidade de água. Ao ser colocado no micro-ondas, a água vai aquecer, ferver e o ovo pode explodir. Seria como uma panela de pressão sem a válvula de escape.  |
| 5 | <i>As micro-ondas não são capazes de aquecer diretamente recipientes de vidro, de plástico ou papelão?</i> | VERDADE. As micro-ondas atuam nas moléculas polares. Os recipientes se aquecem por condução, ou seja, o alimento aquecido transmite o calor por condução aquecendo o recipiente. Ao se aquecer um prato de comida, por exemplo, o prato é aquecido pela comida que foi aquecida pelas micro-ondas. |

Figura 8: Mitos e Verdades sobre o funcionamento do forno de micro-ondas.

**Atividade 6:** Pipoca feita com água.

Objetivo: Comprovar a atuação das micro-ondas nas moléculas de água, fazendo pipoca substituindo o óleo pela água.

Estratégia utilizada: Experimento

Materiais necessários: Forno de micro-ondas, recipiente próprio para micro-ondas, filme plástico, milho de pipoca comum e água.

Desenvolvimento: *Por que o milho vira pipoca?*

Dentro do milho de pipoca tem amido e quando esse amido é aquecido, ele se dilata estourando o milho. Então para fazer pipoca é necessário aquecer o milho. Normalmente o milho é aquecido usando óleo, mas este pode ser aquecido com água.

Em um recipiente próprio para micro-ondas, coloca-se milho de pipoca comum e um pouco de água (para cada três colheres de sopa de milho de pipoca usar uma colher de sopa de água). Cobrir o recipiente com filme plástico e fazer dois pequenos orifícios para a saída de vapor. Levar o conjunto ao micro-ondas em potência máxima por cerca de quatro minutos. Quando a água é aquecida pelas micro-ondas, este calor é transferido ao milho, aquecendo-o e fazendo-o estourar. Os milhos que por ventura não tenham estourado podem ser molhados e levados novamente ao micro-ondas para estourarem.



Figura 9: Imagens das etapas da pipoca preparada com água no micro-ondas.

**Atividade 7:** Determinação da potência de um forno de micro-ondas.

Objetivo: Determinar experimentalmente a potência de um forno de micro-ondas.

Estratégia utilizada: Experimento.

Materiais necessários: Forno de micro-ondas, termômetro, recipiente próprio para micro-ondas e água.

Desenvolvimento: A quantidade de calor  $Q$  (energia) trocada por uma substância de massa  $m$ , quando a sua temperatura varia de  $(t_f - t_i)$  pode ser calculada através da expressão:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \rightarrow Q = m \cdot c \cdot (t_f - t_i)$$

Admitindo-se que toda a energia  $E$  (em joules) das micro-ondas seja transferida para a substância sob a forma de calor,  $Q$  (em joules), tem-se que:  $E = Q$  (1 cal = 4,18 J)

Se o tempo de funcionamento do forno durante o experimento é  $\Delta t$  (em segundos, s obtido pelo relógio digital do aparelho), a potência elétrica,  $P$  (em watts,  $W$ ), desenvolvida pelo aparelho é calculada por:

$$P = E/\Delta t$$

**Procedimento:**

- a) Colocar certa quantidade de água no recipiente próprio para micro-ondas e registrar a sua massa.
- b) Deixar essa água repousar cerca de 1 minuto dentro do recipiente para que seja atingido o equilíbrio térmico e, após esse intervalo de tempo, registrar a temperatura da água obtida,

- c) Colocar o forno de micro-ondas na potência máxima. Essa é a potência que será obtida através do experimento e poderá ser comparada com aquela que vem anotada na etiqueta presa no aparelho.
- d) Colocar o recipiente com água dentro do micro-ondas e marcar no relógio 30 segundos para aquecimento. Ligar o aparelho.
- e) Decorrido esse intervalo de tempo, retirar o recipiente com água e obter sua nova temperatura.
- f) Utilizando os dados obtidos determinar o valor experimental da potência do forno de micro-ondas.
- g) Comparar a potência obtida experimentalmente com a potência fornecida pelo fabricante, discutindo as possíveis causas para a divergência entre os valores.

**Atividade 8:** Enxergando o infravermelho.

Objetivo: Visualizar raios infravermelhos utilizando o controle remoto da TV.

Estratégia utilizada: Experimento.

Materiais necessários: Controle remoto e celular com câmera de vídeo sensível ao infravermelho.

Desenvolvimento: Para controlar um aparelho de forma remota, são utilizados emissores e sensores de radiação infravermelha. O controle remoto da TV emite radiação na faixa do infravermelho enquanto a TV tem um sensor desse tipo de radiação.

Controles remotos utilizados em aparelhos de TV funcionam emitindo radiação infravermelha. Ao ser pressionado o botão do controle remoto, este emite um sinal infravermelho para o aparelho a ser utilizado. Tal sinal não é percebido pela visão humana, mas pode ser facilmente observado através da câmera de um celular, pois os sensores de imagem destes aparelhos têm uma sensibilidade de amplo espectro, o que significa que conseguem perceber o que o olho humano não consegue.



Figura 10: Radiação infravermelha do controle remoto observada através da câmara de celular.  
Fonte: [http://www.oficinadanet.com.br/artigo/ciencia/como\\_funciona\\_controle\\_remoto](http://www.oficinadanet.com.br/artigo/ciencia/como_funciona_controle_remoto)  
Acessado em 08/08/2014.

## 6. Considerações Finais

A concepção que os estudantes têm de radiação foi construída ao longo dos anos e se deve principalmente à mídia, através de notícias de rádio, TV e internet. Isto faz com que muitos tenham receios quanto à sua utilização, já que estas notícias geralmente estão associadas a acidentes nucleares, contaminação e outros malefícios. Mas a radiação é base de funcionamento de inúmeras tecnologias presentes na sociedade moderna. Os estudantes devem ser capazes de julgar as informações veiculadas pela mídia e reconhecer que a radiação pode trazer malefícios e benefícios para os seres vivos. Por esta razão torna-se importante discutir tópicos de Física Moderna nas escolas, como Física das Radiações, por exemplo.

A concepção freiriana de educação tem como características principais a problematização e o diálogo. Freire (1987) defende a necessidade de desafiar os educandos na busca de respostas, desenvolvendo nestes a capacidade de compreender o mundo como uma realidade em constante transformação. O autor afirma ainda que esta educação, denominada por ele de problematizadora, só é possível através do diálogo.

A sugestão deste trabalho é estabelecer diálogo com os educandos através de uma realidade problematizada. Esta problematização se dá a partir da realidade vivenciada pelos educandos e a dialogicidade se estabelece sobre esta realidade que os mediatiza. E este processo educativo problematizador e dialógico é propício à transformação. Transformação para uma sociedade mais humanizada, em que todas as pessoas possam atuar sobre o mundo de forma a transformá-lo num mundo melhor.

É importante conhecer as concepções prévias dos estudantes sobre o tema radiação de forma a tornar a intervenção mais efetiva e proveitosa. Optou-se por desenvolver o projeto utilizando o forno de micro-ondas por ser este um aparelho comum para a maioria dos estudantes e envolver conceitos de Física das Radiações e de física clássica.

Este produto final foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar professores a relacionar a disciplina Física a produtos tecnológicos, desmistificando a idéia de que toda radiação é prejudicial e foi elaborado em função da carência destas informações nos livros didáticos

utilizados no ensino médio. A proposta foi desenvolvida com estudantes da EJA, mas pode ser aplicada em turmas de Ensino Médio Regular, sem muitas adaptações. A pesquisa mostrou que os estudantes se interessam mais pelas aulas quando estas estão de alguma forma relacionada ao seu cotidiano.

## 7. Referências Bibliográficas

- ALVETTI, M.A.S., **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje**. Dissertação em Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
- ARROYO, Miguel. **A educação de jovens e adultos em tempos de exclusão**. *Revista de Educação de Jovens e Adultos*, São Paulo, n.11, abr. 2001.
- BARBOZA, Ramon E. M. da C.. **Física das Radiações: proposta de atividades para inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. Monografia. UFF. Niterói. 2012.
- CAMARGO, A.J.. **A introdução da Física Moderna no 2º grau: Obstáculos e Possibilidades**. Dissertação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.
- CARVALHO, Regina P. de. **Microondas**. Temas atuais de Física. 1ª ed. Editora Livraria da Física. São Paulo. 2005.
- D'AGOSTIN, A., **Física Moderna e Contemporânea: Com a Palavra os Professores do Ensino Médio**. Dissertação em Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Paraná, 2008.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Física**. 2ª Ed. São Paulo. Cortez, 1992.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Metodologia do ensino de ciências**. 2ª Ed. São Paulo: Cortez, 1994.
- FERREIRA, Andrea A.. **Ensino de Física das Radiações na modalidade EJA: Uma proposta**. São Paulo: IF/FE USP, 2004. Dissertação de mestrado.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 42ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.
- LIMA, Abílio A. M.. **As radiações no ensino básico e secundário**. Dissertação de mestrado. Universidade de Coimbra. Portugal. 2007,

- MAI, Ivo; BALZARETTI, Naira M.; SCHMIDT, João E.. **Utilizando um forno de micro-ondas e um disco rígido de computador como laboratório de Física**. Textos de apoio ao professor de Física – IF – UFRGS. J.E.v.18. n.6. 2007.
- NUNES, Danielle Duda. **A Física na cozinha**. Trabalho de conclusão de curso. UNB. Brasília. 2008.
- OKUNO, Emico. **Radiação: Efeitos, riscos e benefícios**. Editora Harbra. São Paulo. 2007.
- SANTOS, Clodogil F.R.. **Educação Tecnológica no Ensino de Física: Análise de uma experiência didática utilizando objetos tecnológicos**. Dissertação de Mestrado. Bauru, 2002
- SOUSA, Wellington B. de. **Física das Radiações: uma proposta para o Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado. USP. 2009.
- TERRAZAN, E.A.. **Perspectivas para inserção da Física Moderna na Escola Média**. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1994.
- VALADARES, Eduardo de C.; MOREIRA, Alysson M.. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.15, n.2: p.121-135, ago.1998.
- VASCONCELOS, M<sup>a</sup>. José .L.. **Ensino da Natureza da luz na educação básica e na formação de jovens e adultos**. IV Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”. Laranjeiras. SE., 2010.
- VILELA, M<sup>a</sup>. Aparecida C.; OKUNO, Emico. **Radiação Ultravioleta: características e efeitos**. Temas atuais da Física. Editora Livraria a Física. São Paulo. 2005.
- YOSHIMURA, E.M.. **Física das Radiações: interação da radiação com a matéria**. Revista Brasileira de Física Médica. 2009; 3(1): 57-67.
- WEBER, M.C.M.. **Inserção de Mecânica Quântica no Ensino Médio: Uma proposta para professores**. Dissertação em Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.