

# **ATIVIDADES CURTAS MULTI ABORDAGEM NO ENSINO DE ELETROMAGNETISMO: EMISSÃO, PROPAGAÇÃO E RECEPÇÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

## **SHORT ACTIVITIES MULTI APPROACHES IN ELECTROMAGNETIC TEACHING: EMISSION, PROPAGATION AND RECEPTION OF ELECTROMAGNETIC WAVES**

**Rogério Vogt Cardoso dos Santos<sup>1</sup>**  
**Nelson Fiedler Ferrara Junior<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Física, Universidade de São Paulo. [vogtcs@yahoo.com](mailto:vogtcs@yahoo.com)

<sup>2</sup>Instituto de Física, Universidade de São Paulo. [ferrara@if.usp.br](mailto:ferrara@if.usp.br)

### **Resumo**

O desenvolvimento da ciência e as suas respectivas aplicações tecnológicas ocorrem com tamanha rapidez que o sistema de ensino atual raramente consegue contemplar a inserção desses novos conteúdos no ensino médio. Especialmente no ensino de física, os conteúdos ensinados estão muito distantes da realidade vivencial cotidiana do aluno. O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de ensino de eletromagnetismo no nível médio, através de atividades curtas estruturadas em ciclos de aprendizagem. Com ela visa-se diminuir a distância entre a física ensinada e as tecnologias atuais, além de explorar a complexificação do conhecimento cotidiano. Aborda-se, nesta proposta, a geração, emissão, propagação e recepção de ondas eletromagnéticas.

**Palavras-chave:** Ciclos de Aprendizagem, Ondas eletromagnéticas, Antenas.

### **Abstract**

Science progress and technological applications are occurring so fast that actual teaching system is not able to follow the new contents and their application. Contents taught, mainly regarding physics teaching, are far away from students' real daily life. The objective of this article is to present a teaching proposal of electromagnetism, at high school level, through short activities based upon learning cycles. The intention is to reduce the distance between taught physics and present technologies, besides exploring the complexity of daily knowledge. This proposal approaches generation, emission, propagation and reception of electromagnetic waves.

**Keywords:** Learning Cycles, Electromagnetic waves, Antennas.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas pôde-se notar que o conhecimento científico experimentou um grande desenvolvimento em quase todas as áreas do conhecimento. A sofisticação tecnológica nos mostra que o uso do telefone celular, por exemplo, uma realidade inimaginável a trinta anos atrás é, nos dias de hoje, tão comum para qualquer cidadão quanto portar uma calculadora. Paralelamente ao avanço da ciência, o desenvolvimento do ensino de ciências, e em especial o da física, retrata bem pouco essa tendência de evolução.

Freqüentemente nas escolas de ensino médio os professores se deparam com perguntas feitas pelos seus alunos como “o que aciona a tv quando pressionado o botão do controle remoto?” ou “como funciona o forno de microondas?”. Essas indagações, pertinentes no contexto de uma aula de física, revelam a vontade do aluno em descobrir o mundo cotidiano que o cerca.

A ciência que ensinamos hoje não contempla as descobertas científicas do final do último século e, conseqüentemente, expõe a fragilidade e a ineficiência do sistema de ensino em se adaptar aos novos desenvolvimentos, os quais estão presentes em nosso dia-a-dia através de suas aplicações tecnológicas. Apesar de presentes nos livros didáticos, estes temas são, em geral, tratados apenas em seções de “leituras complementares”. Mais grave ainda é a quase ausência dessas aplicações no ensino da física clássica da teoria do eletromagnetismo em nível médio. Essa teoria, como é bem sabido, data do fim do século XIX com o trabalho de James Clarck Maxwell e tem em seu corpo, como principal conseqüência, a previsão da existência de ondas eletromagnéticas. Apesar disso, suas aplicações presentes nas transmissões de rádio e tv e na telefonia celular, são timidamente exploradas nesse nível de ensino.

Pietrocola (et al.,2000) reforça que os alunos não conseguem perceber a vinculação do conhecimento escolar com seu mundo vivencial. A falta de relação com o cotidiano faz com que não vejam significado em tais conhecimentos e por isso não tomam tais proposições como seus problemas e nem se motivam em buscar as respostas.

A ineficiência de se inserir, no ensino de ciências, esses conteúdos que embasam as explicações dos equipamentos do mundo moderno revela que estamos deixando de aproveitar uma oportunidade preciosa de levar para as salas de aula um ensino mais ajustado e compatível com a ciência atual, sem descaracterizar e omitir os conhecimentos já adquiridos no passado (Angotti, 1994).

Se considerarmos que um bom sistema educativo é aquele que se manifesta sensível às diferentes demandas sociais e às exigências de um mundo em constante evolução e, portanto, que deve estar atento à adequação de sua oferta às novas necessidades, é evidente ser imprescindível a inclusão de novos conteúdos de aprendizagem no currículo escolar (e a exclusão de outros menos significativos) (Zabala, 2002).

As Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2002) trazem indicativos de como compor os *currícula*. De acordo com essas orientações, o ensino médio deve ser capaz de preparar o estudante para a vida, qualificar o aluno para a cidadania e proporcionar a ele uma certa “autonomia de aprendizado”, seja em nível superior ou no mercado de trabalho.

Sob esse aspecto, os estudantes deverão ter, ao final do ensino médio, adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem, o que faz com que o ensino não se limite à compreensão da física em si, mas sim a intenção de proporcionar ao aluno as conseqüências de sua utilização e suas implicações econômicas,

culturais e sociais, buscando uma visão mais abrangente para a formação de um cidadão, independentemente do papel profissional que desenvolverá na sociedade.

O presente trabalho se coloca na direção de contribuir para a construção de metodologias de ensino, baseadas na inserção de conteúdos e aplicações da ciência no ensino de física, tendo-se como referência a realidade existente nas escolas do país.

Pretende-se discutir os conteúdos de eletromagnetismo, em especial ondas eletromagnéticas e circuitos oscilantes para sua geração e detecção, no contexto do funcionamento de aparelhos que possibilitam a comunicação como telefone celular, rádio e TV, podendo-se ainda utilizar os conceitos para a explicação do funcionamento de controles remotos, portas automáticas de lojas, além de possibilitar o entendimento de alguns sistemas formadores de imagens como o radar. A proposta de ensino aqui apresentada trata a geração das ondas eletromagnéticas através dos circuitos oscilantes, a modulação do sinal em amplitude e em frequência, o envio de ondas no espaço através das antenas transmissoras, a propagação das ondas pelo espaço, suas características e características do meio em que ela se propaga, a recepção através das antenas receptoras, e a decodificação do sinal para o seu fim. Uma especial atenção é dada às antenas, que são “as lâmpadas e os olhos” da radiofrequência, ou seja, são elas que enviam e captam as ondas eletromagnéticas nessa faixa de frequência. São abordadas as principais características das antenas, como diretividade, polarização da onda que é emitida bem como são analisadas as principais antenas e discutidas as dúvidas comuns do dia-a-dia sobre o tema, como interferência, melhora da recepção do sinal, formato da antena.

Para que tal proposta tenha um resultado eficiente, é necessária a adequada transposição didática, dada a dificuldade exibida por este tema. Assim, a inserção destes conteúdos de eletromagnetismo é via condutora da elaboração da atividade com múltiplas abordagens e tecnologias, visando a estruturação desses conhecimentos sempre na perspectiva multidisciplinar, mais próxima da vivência do aluno, uma vez que a compreensão de objetos de seu cotidiano pode contribuir para dar uma imagem mais social da ciência e da própria natureza do trabalho científico.

## **METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA DE ENSINO**

O trabalho foi concebido com a intenção de colaborar para construção de metodologias que explorem tópicos do eletromagnetismo, com uma abordagem voltada para o cotidiano do aluno, através de atividade de curta duração, divididas em unidades de quatro horas/aula. A atividade faz uso de pluralismo metodológico, aqui chamado de multi-abordagem, termo que designa o uso de diferentes recursos didáticos a serem utilizados neste processo – a atividade experimental, a simulação por computador, atividades lúdicas, artigos e exposição teórica – que estão organizados dentro de três blocos que, apesar de distintos, se inter-relacionam, seguindo a estrutura de ciclos de aprendizagem proposta por Lawson (2001).

Tomando-se como base um dos pressupostos do trabalho, o de que pessoas diferentes aprendem de maneiras diferentes, cada recurso didático visa a compreensão e um entendimento específico e, por isso, deve ser utilizado de forma estruturada e não indiscriminada. As diferentes abordagens didáticas inserem-se num processo de complementação em que cada uma delas se mostra mais adequada a uma determinada situação. A ação educacional baseada num único estilo didático parece contemplar um grupo particular de alunos excluindo outros.

Laburú (2003) reflete que há entre os estudantes diferentes motivações e preferências no que se refere ao estilo de aprendizado e mesmo na sua relação com o conhecimento. Além disso, discorre sobre as habilidades mentais específicas, ritmos de aprendizagem, nível de motivação e interesse por determinadas disciplinas, persistências dedicadas a um problema, experiências vivenciadas pelo grupo social a que pertencem, que somados, influenciam a qualidade e a profundidade da aprendizagem.

Faz-se então necessário compreender, dentro das suas implicações num processo mais eficaz de ensino-aprendizagem, como diferentes meios utilizados produzem um melhor resultado e qual a melhor maneira de estruturá-los dentro de uma atividade de pequena duração.

Os ciclos de aprendizagem, por sua vez, formam a estrutura pela qual a atividade está construída, sendo que cada ciclo é constituído de três fases distintas a saber: a primeira fase, a de exploração, a segunda fase, a de introdução de novo conceito, e a última fase, de aplicação do conceito (ver Figura I). Durante a fase de exploração, os estudantes aprendem com suas próprias ações e reações enquanto exploram materiais e idéias novas. A exploração deve levantar perguntas, complexidades e contradições. As explorações podem também conduzir à identificação de relações entre grandezas, por exemplo, relações direta ou inversamente proporcionais.

A segunda fase inclui a introdução de um ou mais conceitos novos. Ela reflete a necessidade da diferenciação e classificação levantada na fase de exploração. Os termos podem ser introduzidos pelo professor, pelo livro texto, por um vídeo, ou por um outro meio.

Durante a fase de aplicação do novo conceito, os estudantes aplicam os termos e/ou os novos padrões de raciocínio aos contextos adicionais. A aplicação do conceito é necessária para estender a escala de aplicabilidade de conceitos e dos novos padrões de raciocínio. Sem tais aplicações, os significados podem permanecer restritos aos exemplos usados em sua introdução inicial. Além disso, segundo Lawson (2001), as aplicações ajudam aos estudantes cuja reorganização conceitual ocorre mais lentamente do que a média, ou que não relacionaram adequadamente a explanação original do professor a suas experiências.

Os ciclos de aprendizagem se mostraram efetivos em ajudar os estudantes a eliminar conceitos científicos errôneos. Contudo, para se tornar um professor acostumado aos ciclos de aprendizagem requer tempo e esforço. Mas, uma vez habilitado, as experiências com os estudantes são boas tanto para eles como para os professores (Lawson, 2001).



**Figura I: Estrutura dos Ciclos de Aprendizagem**

## A PROPOSTA DE ENSINO

O ponto de partida para a concepção da atividade é a determinação dos conteúdos e conceitos a serem tratados.

Os conteúdos desta proposta de ensino estão voltados para a geração, propagação e recepção de ondas eletromagnéticas, buscando revelar a sua importância e sua utilização no dia-a-dia. Logo, algumas características das ondas eletromagnéticas, como alcance, reflexão, refração, bem como a utilização de cada faixa de frequência, são abordadas, assim como as características de antenas transmissoras e receptoras, e os principais parâmetros que as definem.

A proposta de ensino foi concebida para ser aplicada em três unidades de aprendizagem: ondas; circuitos oscilantes e ressonância; e antenas (Tabela I).

**Tabela I: Proposta de ensino**

Unidades de Aprendizagem	Conteúdo
1ª unidade	Ondas
2ª unidade	Circuitos oscilantes, ressonância
3ª unidade	Antenas

Cada uma das três unidades é prevista para durar quatro aulas de cinquenta minutos, totalizando doze aulas para a atividade inteira.

Neste trabalho, cada unidade constitui um ciclo de aprendizagem com suas três fases: exploração, introdução de um novo conceito e aplicação do conceito. A primeira unidade – ondas – está subdividida em três fases. A primeira fase (exploração), considera a necessidade do uso de ondas para propagação da informação bem como as características e os principais aspectos das ondas. Primeiramente, é discutida, através de uma atividade lúdica entre os alunos, como se transmite uma informação entre a fonte da informação e o receptor da mesma, levando os alunos a concluir pela pertinência e utilidade do uso de ondas para tal. A partir disso, as ondas passam a ser o objeto de análise da fase de exploração. Para essa análise, são fornecidos aos alunos gráficos de algumas ondas “reais”. Esses gráficos nada mais são do que exames médicos como o de eletrocardiograma, gráficos das medidas feitas por medidores de maré, figuras de medidores de abalos sísmicos e figuras de ondas sonoras de instrumentos musicais. Os alunos devem analisar as figuras em grupo, discutir e levantar características das ondas.

Posteriormente, é demonstrada em uma cuba de ondas, pelo professor, as características levantadas pelos alunos na fase de exploração. A intenção é generalizar as propriedades ondulatórias a todas as ondas, e não somente a um tipo específico. São discutidos conceitos como período de oscilação, frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, bem como a necessidade de um meio de propagação no caso das ondas mecânicas.

Ainda na primeira unidade, na segunda fase (introdução de um novo termo), é levantada a questão da diferença entre ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. Os alunos são induzidos, pela fase de exploração, a considerar que as ondas que se propagam através do espaço o fazem no vácuo sendo, portanto, de natureza diferente das ondas mecânicas. É então apresentada, através de simulação por computador, a forma de

propagação da onda eletromagnética por campos elétricos e magnéticos que variam no tempo (MIT, 2005). O espectro eletromagnético é apresentado, assim como a análise de suas faixas de frequência e comprimentos de onda e as respectivas denominações.

Na terceira e última fase (aplicação de um conceito novo) é discutido o uso das diferentes faixas de frequência do espectro eletromagnético, utilizando-se textos de jornal e Internet a respeito do tema. Cada faixa de frequência do espectro eletromagnético possui características intrínsecas de propagação, reflexão, alcance, que determina o seu uso e aplicação no cotidiano (Siwiak, 1995). As delimitações das faixas também seguem leis regulamentadas pela Agência Nacional de Telecomunicações (Brasil, 2004), que serão discutidas, em alguns pontos, nesta etapa do trabalho. A estrutura do primeiro ciclo de aprendizagem é resumida na Tabela II.

**Tabela II: 1ª Unidade - Ondas**

<b>Fases do Ciclos de Aprendizagem</b>	<b>Conteúdo</b>
I. Fase de exploração	Propagação da informação, análise de ondas “reais”, experiência com ondas mecânicas (cuba de ondas). Identificação de conceitos como período, frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação e a necessidade de um meio de propagação.
II. Introdução de um novo conceito	Natureza das ondas: diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas. Espectro eletromagnético.
III. Aplicação do conceito	Análise do espectro eletromagnético e suas respectivas utilizações, com foco em radiofrequência (rádio) e microondas (celular e radar).

A segunda unidade – circuitos oscilantes, geração, propagação de ondas eletromagnéticas e ressonância – também está dividida em três fases. Na primeira (exploração), é introduzida a fenomenologia relacionada às leis de indução eletromagnética (Gref, 1993), mais especificamente a lei de Faraday e a lei de Ampère-Maxwell. Os alunos são inicialmente separados em grupos e, para cada grupo, é fornecido um ímã, um galvanômetro, fios de cobre, um núcleo de ferro e um pequeno rádio AM e pilhas. A tarefa destinada aos alunos é a de descobrir uma maneira de fazer o ponteiro do galvanômetro oscilar até atingir um certo valor. Após atingirem esse objetivo, discute-se a lei de Faraday em termos da variação temporal do fluxo magnético. A seguir, os alunos devem, apenas com os materiais recebidos, propor uma maneira eficiente de produzir uma interferência na recepção da rádio AM: o professor, ao circular através dos grupos, pode gerenciar a atividade de forma a conduzir os alunos a construírem um circuito elétrico e, com o uso desse, provocar uma interferência no sinal de rádio. Isso conseguido, discute-se a lei de Ampère-Maxwell. Assinale-se que, apesar de nesta fase terem sido introduzidos novos conceitos (as leis de indução), a consideramos fase de exploração relativamente ao foco da proposta de ensino, isto é, a emissão e recepção de ondas eletromagnéticas.

A segunda fase (introdução de um novo conceito) lança mão das leis de Faraday e Ampère-Maxwell discutidas na fase de exploração, para introduzir a onda eletromagnética com campos elétricos e magnéticos oscilantes propagando-se por indução eletromagnética. Através de um experimento similar ao de Hertz (Annunciato, 2005), feito com material piezelétrico, régua, papel alumínio, o professor demonstra a existência de ondas eletromagnéticas ao acender uma lâmpada à distância. Finalmente é mostrada, com o uso de simulação por computador, a visualização do modelo de onda eletromagnética (MIT, 2005).

Ainda na fase de introdução de um novo conceito, o fenômeno de ressonância é abordado através de uma experiência de demonstração, feita pelo professor, com o uso de molas e massas e de um pêndulo simples. A seguir é mostrado aos alunos um vídeo de curta duração (cerca de dez minutos) a respeito da destruição da ponte de Tacoma (Goodstein, 1985).

Na última fase (aplicação do conceito) é discutido o funcionamento do circuito RLC em série. Faz-se isso através de simulação por computador, onde o professor altera parâmetros do circuito e as conseqüências são vistas e analisadas, em especial a variação da capacitância e a frequência de ressonância. A modulação do sinal em amplitude (AM) e em frequência (FM) é discutida através de uma experiência onde o professor modula a luz de um laser através da corrente elétrica de um autofalante. O sinal é transmitido pelo laser e recebido, a metros de distância, por um sensor ótico e, através desse, o sinal é decodificado. Essa análise permite, no final dessa etapa, a discussão a respeito do funcionamento do rádio. Um aparelho de rádio simples comum é aberto e seus principais elementos vistos e discutidos. A estrutura da terceira unidade de aprendizagem é mostrada na Tabela III.

**Tabela III: 2ª Unidade - Circuitos oscilantes, geração e propagação de ondas eletromagnéticas e ressonância.**

Fases do Ciclos de Aprendizagem	Conteúdo
I. Fase de exploração	Experiência mostrando campo elétrico induzido por variação temporal do fluxo magnético e campo magnético induzido por variação temporal do fluxo elétrico. Atividade para introduzir a lei de Faraday e lei de Ampère-Maxwell.
II. Introdução de um novo conceito	É feito um experimento similar ao de Hertz provando a existência de ondas eletromagnéticas. Utilização de simulação para visualização de modelo de onda eletromagnética (propagação). O fenômeno de ressonância é abordado através de experiência e vídeo da ponte de Tacoma.
III. Aplicação do conceito	Discute-se o circuito RLC, a ressonância elétrica com simulação por computador, e a geração e detecção das ondas eletromagnéticas. Modulação AM e FM. Um aparelho de rádio é mostrado por dentro.

A terceira unidade – antenas – assim como as duas unidades anteriores, também está dividida em três fases. Na primeira fase (exploração) são discutidas as principais antenas usadas nas residências e nos edifícios. Através da apresentação de fotos por computador e das próprias antenas, questiona-se o que é uma antena e qual a sua função.

Na segunda fase (aplicação de um novo conceito) calcula-se o comprimento de onda da radiação recebida por cada tipo de antena e analisa-se as relações deste comprimento de onda com o formato das antenas, além de verificar a posição das mesmas em relação às antenas transmissoras.

Introduzem-se, também, as principais características das antenas como polarização, diretividade, formato, comprimento, faixa de frequências utilizada (Rios, 1982 e Straw, 1994). Estuda-se, através de demonstrações simples e simulações por computador feitas pelo professor, os principais elementos envolvidos em um projeto de antenas, desde a escolha do sinal a ser transmitido até a utilização do mesmo.

Esta etapa do trabalho envolve quase todos os conceitos vistos nos blocos anteriores pois faz menção às propriedades das ondas bem como às características das ondas eletromagnéticas e suas interações com a matéria.

Na aplicação do conceito, última fase, são discutidos os principais problemas do cotidiano enfrentados pelo uso das ondas eletromagnéticas em radiofrequência, telefonia celular e radar como interferência do sinal, região de sobre, bloqueio do sinal em penitenciária, o uso de artifícios que melhorem a recepção do sinal em antenas de tv e rádio, e o efeito da Gaiola de Faraday.

Com o intuito de enfatizar o entendimento dos três blocos, os alunos fazem, nesta etapa, a montagem de um rádio simples e o projeto (cálculo) de uma antena de rádio.

A estrutura da terceira unidade de aprendizagem é mostrada na Tabela IV.

**Tabela IV: 3ª unidade de aprendizagem - Antenas**

<b>Fases do Ciclos de Aprendizagem</b>	<b>Conteúdo</b>
I. Fase de exploração	Apresenta-se e discute-se a importância, no cotidiano, de diferentes tipos de antena (antenas linear, Yagi-Uda, parabólica e radar) para a recepção de ondas eletromagnéticas.
II. Introdução de um novo conceito	Discussões dos parâmetros relevantes para o projeto de uma antena: frequência da onda eletromagnética transmitida/recebida, comprimento, formato, diretividade, polarização.
III. Aplicação do conceito	Discussão de como devem ser posicionadas as antenas transmissora e receptora de rádio, bem como a discussão sobre fatores que influenciam a recepção das ondas eletromagnéticas. Cálculo de uma antena de rádio.

Assinale-se que, do ponto de vista da proposta completa de ensino (ver Tabela I), as três unidades de aprendizagem, respectivamente, correspondem também às três fases do ciclo de aprendizagem, isto é, exploração, introdução de um novo conceito, e aplicação do conceito. Com efeito, trabalhar-se com antenas e rádio receptor na terceira unidade é a aplicação dos conceitos de circuitos oscilantes e ressonância tratados na segunda unidade, e essa consiste introdução de novos conceitos relativamente às explorações com ondas feitas na primeira unidade. Assim, cada unidade é estruturada segundo ciclos de aprendizagem, mas o conjunto das três unidades também o é na perspectiva da proposta completa.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentamos uma proposta de ensino cujo foco é a geração, propagação e recepção de ondas eletromagnéticas.

A relação e organização dos conteúdos foi feita levando-se em conta serem apresentados em atividades curtas, cada intervenção durando cerca de duzentos minutos, e utilizando várias abordagens como aulas expositivas, experimentos, simulação numérica, atividades lúdicas etc, o que aqui denominamos multi-abordagem. A arquitetura da proposta foi feita utilizando a metodologia de ciclos de aprendizagem em três momentos: exploração, introdução de um novo conceito e aplicação do conceito.

Apesar de à primeira vista parecer ser excessiva a quantidade de conteúdos abordados nesta proposta de ensino, deve-se esclarecer que através das atividades curtas multi-abordagem não se pretende nem esgotar e nem substituir as abordagens tradicionais desses conteúdos nas aulas disciplinares curriculares. Ao contrário, na medida em que nesta metodologia os conteúdos são apresentados de maneira auto consistente, isto é, incluindo a maioria dos conceitos necessários para uma primeira compreensão, é possível aplicar essa proposta de ensino mesmo a alunos que ainda não cursaram eletromagnetismo, mas que o farão posteriormente. Esses alunos, motivados pela atividade, e já introduzidos aos conteúdos, poderão ter melhor aproveitamento quando da abordagem curricular.

Portanto, apesar da quantidade de conteúdos, eles serão tratados, como aqui se propõe, de maneira cuidadosa e rigorosa, mas com uma profundidade consistente com o tempo disponível. Uma maior profundidade de abordagem fica remetida ao momento em que o aluno irá ter formalmente no ensino médio.

Por fim, em um contexto mais amplo e a longo prazo, acreditamos que através de propostas como a que aqui se apresenta seja possível construir atividades curtas a respeito de diferentes tópicos, compreendendo desde a física clássica até a física contemporânea. A função dessas atividades seria a de subsidiar o professor em sua prática, como também proporcionar uma mudança de atitude frente aos seus alunos, a escola onde trabalha bem como em relação às suas próprias aulas. Acreditamos que atividades curtas multi-abordagem, como o que aqui está sendo proposto, oferecidas no decorrer do ensino médio, podem contribuir de maneira significativa para a construção de um ensino renovado, onde o cotidiano e a ciência tratados de forma menos reducionistas possam ser contemplados. cremos, também, que espaços de aprendizagem diferenciados, seja pela escolha ou articulação de conteúdos, seja pela utilização de múltiplas abordagens, acabem por influenciar alunos e professores na direção de uma escola que possa, de fato, preparar o aluno para a vida.

**REFERÊNCIAS**

ANGOTTI, J. A. **O ensino de Ciências e a Complexidade**. Disponível em: <[http://www.ced.ufsc.br/men5185/artigos/angotti\\_ensino\\_de\\_ciencias.htm](http://www.ced.ufsc.br/men5185/artigos/angotti_ensino_de_ciencias.htm)> Acesso em 20 de janeiro de 2005.

ANNUNCIATO, C. **Lei de Faraday: Análise e Proposta para o Ensino Médio**. Dissertação de mestrado. IFUSP, 2005.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Linguagens, códigos e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002. 244p.

BRASIL, Agência Nacional de Telecomunicações. **Plano com Atribuição, Distribuição e Destinação de Faixas de Frequências no Brasil**. Brasília: Ministério das Comunicações, 2004. 166p.

GOODSTEIN, David. **Universo Mecânico: Ressonância**. Videocassete (27min): VHS/NTSC, son., color. The Annenberg/CPB Project, 1985.

GRAF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física**. Edusp, Vol.3. São Paulo, 1993. 440p.

LABURÚ, C. E., ARRUDA, S. M., NARDI, R. **Pluralismo Metodológico no Ensino de Ciências**. Revista Ciência e Educação, v.9, n.2, p.247-260. São Paulo, 2003.

LAWSON, A.E. **Using the Learning Cycle to Teach Biology Concepts and Reasoning Patterns**. Journal of Biological Education, 35(4), 165-169, 2001.

Massachusetts Institute of Technology. **Light Visualizations - The Electric and Magnetic Fields of a Plane Wave**. Disponível em: <[http://ocw.mit.edu/ans7870/8/8.02T/f04/visualizations/light/07-EBlight/07-EB\\_Light\\_320.html](http://ocw.mit.edu/ans7870/8/8.02T/f04/visualizations/light/07-EBlight/07-EB_Light_320.html)> Acesso em: 25 de julho de 2005.

PIETROCOLA M. NEHRING, C., SILVA, C., TRINDADE, J., LEITE, R. PINHEIRO, T., **As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos**. Ensaio – Pesq. Educ. Ciên. Belo Horizonte. Vol. 2, No 1, 99-122, 2000.

RIOS, Luiz Gonzaga. **Engenharia de Antenas**. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1982. 186p.

SIWIAK, Kazimierz. **Radiowave Propagation and Antennas for Personal Communications**. Artech House Publishers. Boston, 1995. 320p

STRAW, R. Dean. **The ARRL Antenna Book**. 17ª edição. Publicado por The American Radio League. Newington, 1994. 732p.

ZABALA, A. **Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.(Tradução: Ernani Rosa). 248p.