



O USO DO RÁDIO DE GALENA E DE VÍDEOS DO *YOUTUBE* NO ENSINO DE ELETROMAGNETISMO

Amauri Marques dos Reis¹

Thiago Luiz Antonacci Oakes²

Luiz Otavio Buffon³

Resumo

Este trabalho relata a construção, a aplicação e a avaliação de uma sequência didática para o ensino do eletromagnetismo, apoiada em vídeos do *YouTube*, experimentos, simulações e usando o rádio de galena como tema estruturante. A escolha deste tema se deve ao fato de que a telecomunicação é algo onipresente hoje em nossas vidas. Os referenciais teórico-metodológicos usados foram a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e as ideias de Transposição Didática de Yves Chevallard. A intervenção foi realizada em nove encontros numa turma do primeiro ano do Ensino Médio xxxxxxxxxxxxxxxx. As análises dos encontros e uma comparação do pré-teste com o pós-teste revelaram indícios de aprendizagem significativa por parte dos alunos e as respostas do questionário de opinião mostraram uma boa aceitação da proposta por parte da turma.

Palavras-chave: Eletromagnetismo, Vídeos do *YouTube*, Rádio de galena, Aprendizagem Significativa, Transposição Didática.

THE USE OF THE CRYSTAL RADIO AND YOUTUBE VIDEO IN TEACHING ELECTROMAGNETISM

Abstract: This work reports the construction, application and evaluation of a didactic sequence for the teaching of electromagnetism, supported by YouTube videos, experiments, simulations and using the crystal radio as a structuring theme. The choice of this theme is due to the fact

¹ Mestre em Ensino de Física pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES - Campus Cariacica), professor da EEEFM Padre Humberto Piacente – Rua Ana Siqueira - Alecrim, Vila Velha - ES, 29117-310. E-mail: amauri13@gmail.com

² Doutor em Física pela Universidade Federal do Espírito Santo, professor lotado na Coordenadoria do curso técnico em biotecnologia integrado ao ensino médio - Instituto Federal do Espírito Santo – IFES – Campus Vila Velha. Av. Ministro Salgado Filho, 1000 - Soteco, Vila Velha- ES, 29106-010. E-mail: thiago.oakes@ifes.edu.br

³ Doutor em Física pela Universidade de São Paulo (USP), membro do Núcleo de Estruturação do Ensino de Física (NEEF), professor da Coordenadoria de Física / Mestrado em Ensino de Física - Instituto Federal do Espírito Santo - IFES - Campus Cariacica. Rod. Gov. José Henrique Sette, nº 184 - Itacibá, Cariacica - ES, 29150-410. E-mail: buffon@ifes.edu.br



that telecommunication is ubiquitous today in our lives. The theoretical and methodological references used were David Ausubel's Theory of Meaningful Learning and Yves Chevallard's Didactic Transposition ideas. The intervention was implemented in nine meetings in a class from the first year of xxxxxxxxxxxxxxxx. The analyzes of the meetings and a comparison of the pre-test with the post-test revealed evidence of significant learning by the students and the responses to the opinion questionnaire showed a good acceptance of the proposal by the class.

Keywords: Electromagnetism, YouTube videos, Crystal radio, Meaningful Learning, Didactic Transposition.

1. INTRODUÇÃO

Um dos problemas do ensino de Física é a pouca ênfase em aplicações tecnológicas, que apesar de estar prevista nos documentos oficiais, na prática, ainda não avançou muito (RICARDO E ZYLBERSZTAJN, 2007). O PCN+ das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias afirma que:

Especialmente em sua versão pré-universitária, o ensino médio tem se caracterizado por uma ênfase na estrita divisão disciplinar do aprendizado. Seus objetivos educacionais se expressavam e, usualmente, ainda se expressam em termos de lista de tópicos que a escola média deveria tratar, a partir da premissa de que o domínio de cada disciplina era requisito necessário e suficiente para o prosseguimento dos estudos. Dessa forma, parecia aceitável que só em etapa superior tais conhecimentos disciplinares adquirissem, de fato, amplitude cultural ou sentido prático. Por isso, essa natureza estritamente propedêutica não era contestada ou questionada, mas hoje é inaceitável (BRASIL, 2002, p.8).

Assim, no sentido de integrar o ensino de física com as tecnologias, percebeu-se a necessidade de se criar materiais didáticos específicos, com os quais os alunos visualizassem melhor os fenômenos físicos. Reforçando também a necessidade de novos materiais didáticos, mais interativos e reflexivos, Moreira e Ostermann (1993) afirmam que nos livros didáticos de Ciências os passos do método científico são pouco explorados. Desta forma, para melhorar o ensino de Física,

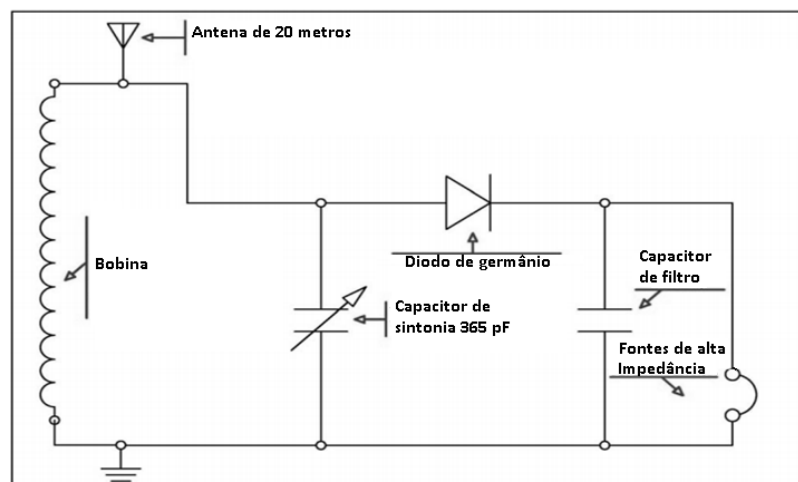
o professor deve desenvolver saberes e ter competências para superar as limitações próprias dos livros, que por seu caráter genérico, por vezes, não podem contextualizar os saberes como não podem ter exercícios específicos para atender às problemáticas locais. É tarefa dos professores complementarem, adaptar, dar maior sentido aos bons livros recomendados pelo MEC (NÚÑEZ, 2003, p. 3).



O objetivo deste presente artigo é relatar o desenvolvimento, a implementação e a avaliação de uma sequência didática para o ensino do eletromagnetismo integrado com aplicações tecnológicas. Tal sequência didática foi construída a partir de vídeos do *YouTube*, experimentos e simulações computacionais, e usando um rádio de galena (figura 1), como tema estruturante de todo o conteúdo abordado, dentro do contexto da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (TAS) e utilizando-se a Transposição Didática (TD) de Yves Chevallard.

A utilização do entendimento do rádio de galena buscou despertar nos alunos a consciência de que todos os desenvolvimentos tecnológicos, em particular nas telecomunicações, são aplicações de princípios físicos.

Figura 1- Esquema do rádio de galena



Fonte: Adaptado de Martínez (2013).



A utilização de atividades experimentais e de vídeos de experimentos tem sido apontada como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades no aprendizado de Física (ARAÚJO; ABIB, 2003). Visto que o assunto da radiodifusão depende de conhecimentos técnicos de eletrônica e de telecomunicações, que não são estudados no ensino básico, na construção da sequência didática foi necessário usar a Transposição Didática, para transformar o conhecimento científico num conhecimento escolar.

Nas próximas seções são feitas uma descrição sobre os referenciais teórico-metodológicos da Transposição Didática e da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Em seguida, é feito um relato da construção e da aplicação da sequência didática, uma análise do pré-teste e do pós-teste e do questionário de opinião e por fim as conclusões finais.

2. A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Segundo Chevallard (1991, p.39),

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática.

As esferas do saber propostas por Chevallard (1991), na visão de Brockington e Pietrocola (2005), se classificam em “Saber Sábio”, relacionado ao mundo dos cientistas e das publicações; “Saber a Ensinar”, que consiste numa mudança de um sistema complexo para um mais simples mais acessível ao entendimento dos alunos e por fim; “Saber Ensinado”, que são os conceitos retidos pelos alunos, que não coincidem exatamente com aqueles apresentados pelos professores. O “Saber a Ensinar” consiste na literatura oferecida aos professores e aos alunos, bem como os roteiros de estudo, os guias de laboratório, etc. (PAIS, 2008).

Chevallard, segundo Brockington e Pietrocola (2005), define algumas características necessárias durante a transposição didática do “Saber Sábio”, tais



como: ser consensual, ser pertinente, ter operacionalidade, ter criatividade didática e dar resultados positivos em testes. Astolfi e Develay (1995), elaboraram cinco regras do processo de Transposição Didática que são: modernizar o saber escolar, atualizar o “Saber a Ensinar”, articular o saber “novo” com o “antigo”, transformar um saber em exercícios e problemas e o tornar um conceito mais compreensível.

Em relação ao conteúdo de radiodifusão, ele tem uma base científica sólida e se encontra na esfera do “Saber Sábio”, possuindo todas as características descritas para ser transformado em “Saber a Ensinar” através da transposição didática.

3. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Ausubel (2003) afirma que há uma hierarquização dos conceitos presentes na estrutura cognitiva do aprendiz e ele denominou esses conhecimentos prévios relevantes de subsunçores. Para ele, para que os aprendizes consigam mais facilmente adquirir os novos conhecimentos é necessária a interação dos materiais a aprender com os subsunçores, para que estes ancoram o novo conteúdo.

Quando os aprendizes não possuem os subsunçores necessários deve-se usar alguns facilitadores da aprendizagem, dentre eles os organizadores prévios, que são materiais introdutórios com um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade (AUSUBEL, 2003). Como justificativa para uso dos organizadores prévios, temos:

A importância de se possuírem ideias relevantes, ou apropriadas, estabelecidas, já disponíveis na estrutura cognitiva, para fazer com que as novas ideias logicamente significativas se tornem potencialmente significativas e as novas ideias potencialmente significativas se tornem realmente significativas (i.e., possuírem novos significados), bem como fornecer-lhes uma ancoragem estável. (AUSUBEL, 2003, p. 12).

Uma síntese da TAS pode ser encontrada em Souza e Boruchovitch (2010). Um de seus princípios, a diferenciação progressiva, implica na hierarquização dos conceitos, por sua disposição dos mais abrangentes até os mais específicos, e por isso, nossas atividades iniciam-se pelo funcionamento do rádio de galena, o qual é mais amplo e depois vai se trabalhando os conceitos mais específicos do



eletromagnetismo. Uma outra etapa, a reconciliação Integrativa, envolve o estabelecimento de relações e correlações entre os conceitos a integrar na nova hierarquia cognitiva, pela ampliação no delineamento das distinções e similitudes que os particularizam. A Organização Sequencial implica na disposição sucessiva dos tópicos ou unidades a serem abordados, visando a simplificação do processo de compreensão e apropriação dos conteúdos e mantendo os aspectos quanto a logicidade, gradualidade e continuidade.

A Consolidação assevera a importância do domínio, da maestria, da perícia relativamente ao objeto de conhecimento. Assim, durante as aulas, sugere-se ao professor sempre dialogar com os alunos, gerando um ambiente de reflexão e podendo rever os assuntos que não foram aprendidos. A consolidação também permite o monitoramento da última etapa da transposição didática, o “Saber Ensinado”, que é o conjunto dos conceitos retidos pelos alunos.

4. CONSTRUÇÃO E RELATO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O objetivo geral da sequência didática relatada neste artigo foi ensinar tópicos de eletromagnetismo a partir de vídeos do *YouTube*, associados com experimentos e simulações computacionais, tendo como pano de fundo o entendimento do rádio de galena, o qual é um equipamento de recepção, decodificação e transformação do sinal de radiofrequência em som. Os rádios guardam em si os princípios físicos abordados na sequência didática e ainda fazem parte do cognitivo dos alunos. Esperava-se assim contextualizar tecnologicamente o eletromagnetismo, pois de acordo com Ausubel (2003), a motivação para aprender é um dos principais requisitos para a aprendizagem significativa.

Esta proposta é resultante da dissertação de mestrado profissional em ensino de física de xxxx (2017) e os sujeitos da pesquisa foram os 37 alunos de uma turma do primeiro ano do Ensino xxxxxxxxxxxxxxxx. Ressalta-se aqui que o professor pesquisador não ministrava aula nessa turma e a aplicação foi feita em conjunto com o professor regente da mesma.



Segundo Tobón, Prieto e Fraile (2010), uma sequência didática é um conjunto articulado de atividades de aprendizagem e avaliação, mediadas por um professor, buscando atingir determinados objetivos educacionais com o uso de recursos instrucionais. Para construí-la seguiu-se Zabala (1998) e no quadro 1, a seguir, temos a síntese de nossa proposta didática de 9 encontros com as atividades desenvolvidas, onde cada aula teve a duração de 55 minutos.

Quadro 1: Resumo dos encontros da Sequência didática.

Encontros	Atividades
Encontro 1 (1 aula)	Apresentação do rádio de galena através do vídeo 1 ⁴ . Aplicação de um pré-teste.
Encontro 2 (1 aula)	Emissão e Recepção de Ondas Eletromagnéticas Apresentação da Experiência de Hertz através do vídeo 2 ⁵ . Experimento demonstrativo 1 com um diapasão. Experimento demonstrativo 2 com um oscilador eletromagnético. Experimento demonstrativo 3 - Transmissor de frequências moduladas (FM). Uso de um simulador de ondas <i>Phet</i> ⁶ .
Encontro 3 (1 aula)	Caracterização de Ondas e Ressonância Apresentação dos modos normais de vibração ressonantes de uma corda através do vídeo 3 ⁷ <i>Corde de melde</i> sobre as frequências de ressonância.
Encontro 4 (1 aula)	O Campo Magnético Apresentação de um vídeo 4 ⁸ sobre ímãs, campo magnético, linhas de indução, campo magnético terrestre, processos de fabricação e aplicações.

⁴ Vídeo 1 com 11:06 minutos, “Como fazer um rádio de galena”, disponível em 08/11/2020 no link: https://www.youtube.com/watch?v=Ax5u_jCwCro.

⁵ O vídeo 2 “Descoberta das Ondas de Rádio - Maxwell & Hertz”, utilizado na aplicação, não está mais disponível no link <https://www.youtube.com/watch?v=FYArBYI9V6o>. Assim, como substituto é indicado um vídeo semelhante com 06h06min minutos denominado “Experiência de Hertz”, disponível em 08/11/2020 no link <https://www.youtube.com/watch?v=gOtuyKrp0Xw>.

⁶ Simulador disponível em 08/11/2020 no link https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html. O roteiro utilizado nesse trabalho encontra-se na página XX de XXXX (2017).

⁷ Vídeo 3 com 7:09 minutos, “*Corde de melde*”. 2007. son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=4BoeATJk7dg>>. Acesso em: 08/11/2020.

⁸ Vídeo 4 com 19:21 minutos, “Processos Físicos – Magnetismo”. 2013. son., color. Legendado. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=9uKrkYayxIE>>. Acesso em 08/11/2020.



	Realização do experimento demonstrativo 4 similar ao de Oersted.
Encontro 5 (1 aula)	Reconciliação Integrativa.
Encontro 6 (1 aula)	A Força Magnética Vídeo 5 ⁹ mostrando a ortogonalidade do vetor força elétrica com os vetores velocidade e campo magnético, seguido de uma apresentação dialogada.
Encontro 7 (1 aula)	A Indução Eletromagnética Vídeo 6 ¹⁰ sobre a Lei de Faraday mostrando a tensão e corrente induzida. Vídeo 7 ¹¹ sobre a Lei de Lenz para ilustrar a Indução eletromagnética.
Encontro 8 (1 aula)	O rádio de galena
Encontro 9 (1 aula)	Aplicação de um questionário de opinião sobre o produto educacional, do pós-teste e discussão dos resultados da avaliação final.

Fonte: os autores.

4.1. Encontro 1

Nesse encontro, a partir de uma breve explicação para os alunos, mostrou-se a importância do trabalho na construção do conhecimento de Eletrônica e a necessidade da participação dos mesmos para o aprendizado de conceitos de eletromagnetismo e os alunos compreenderam e aceitaram os argumentos dado pelos professores.

⁹ Vídeo 5 com 4:34 minutos, “Eletricidade - Força Magnética”. Rio de Janeiro: Ladif - UFRJ, 2013. son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=2wgonO9i-Bk>>. Acesso em: 08/11/2020.

¹⁰ Vídeo 6 com 3:31 minutos, “Lei da indução de Faraday”. Realização de Eloir de Carli. Porto Alegre, 2012. son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=kPG5oYUnP5c>>. Acesso em: 08/11/2020.

¹¹ Vídeo 7 com 4:11 minutos, “Indução eletromagnética – Lei de Lenz”. Colégio Machado de Assis. Joinville, 2013. son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc>>. Acesso em: 08/11/2020.



Logo em seguida, foi mostrado um rádio de galena e o vídeo 1 como um organizador prévio, relatando a construção e o funcionamento deste tipo de rádio, com o objetivo de despertar o interesse dos alunos.

Ao finalizar esse encontro foi passado aos alunos um pré-teste buscando encontrar os conceitos prévios deles, sobre os temas de eletromagnetismo que seriam abordados.

4.2. Encontro 2

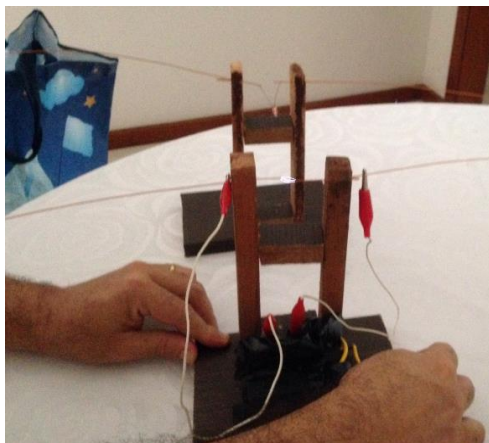
Nesse encontro, usando o vídeo 2 sobre a Experiência de Hertz, introduziu-se o conceito de ondas eletromagnéticas como oscilações dos campos elétricos e magnéticos que se propagam no espaço e mostrou-se como ocorreu a primeira transmissão de ondas eletromagnéticas. A idéia foi partir de conceitos mais abrangentes como o processo de captação de ondas eletromagnéticas e depois analisar os detalhes fazendo as diferenciações progressivas.

Em seguida, através do experimento 1, mostrou-se a produção, transmissão e ressonância de uma onda mecânica usando-se diapasões. Depois disso, foi feita uma transmissão de ondas eletromagnéticas por um oscilador eletromagnético (ver figura 2), mostrando a transmissão de fagulhas elétricas no espaço e o acendimento de uma pequena luz de *led*, fazendo uma correlação com som sendo transmitido através dos diapasões. Ainda nesse encontro, através do experimento 3 (ver figura 3) com um transmissor de frequências moduladas foi possível aos alunos sintonizarem a transmissão de uma música. O objetivo foi estimular visualmente os alunos para que se interessassem pelas propriedades ondulatórias.

Por fim, o simulador *Phet* “Onda em corda” foi utilizado com o objetivo de caracterizar as ondas, distinguindo-as por meio de sua amplitude, frequência, período, comprimento de onda e velocidade. Os alunos, em pequenos grupos e usando um roteiro, puderam visualizar essas variáveis, através da projeção em *datashow*, identificando os conceitos de cristas, vales e frequências de ressonância.

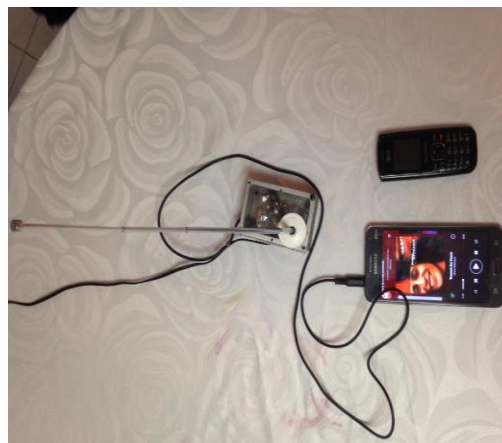


Figura 2– Oscilador mostrando a transmissão de Ondas Eletromagnéticas.



Fonte: acervo dos autores

Figura 3 - Transmissor de FM para modular uma música e retransmiti-la.



Fonte: acervo dos autores

Os experimentos atraíram bastante a atenção dos alunos e as discussões chegaram à conclusão que para entender o funcionamento do rádio de galena, necessariamente deviam entender primeiramente o conceito de ondas, reforçando o que Ausubel (2003) afirmou sobre o aluno perceber o sentido do que está estudando. Em relação às ondas, principalmente após o uso do simulador, surgiram algumas dúvidas básicas tais como:

Aluno 1: “A frequência é maior quanto maior a amplitude?”

Aluno 2: “A velocidade de uma onda é sempre igual à velocidade da luz?”.

Estas dúvidas indicaram a necessidade de reforçar tais conceitos.

4.3. Encontro 3

Este encontro iniciou com o objetivo de esclarecer as dúvidas sobre ondas da aula anterior, onde através de um teste escrito rápido, constatou-se que 82% dos alunos presentes pensavam que a amplitude e o período eram proporcionais.

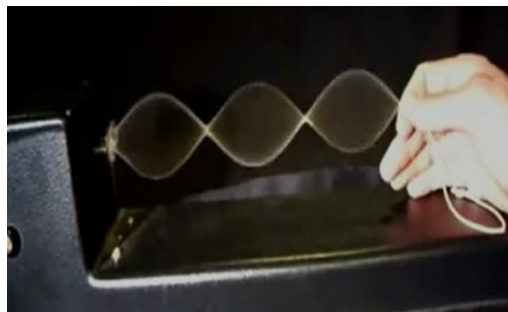
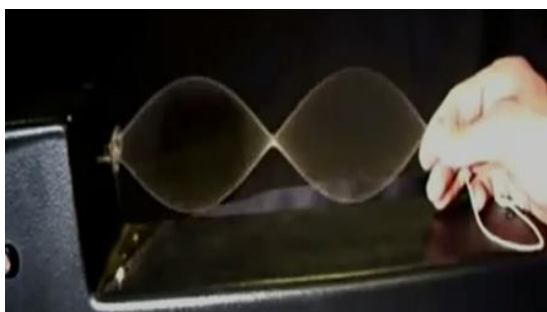


Assim, para sanar a dificuldade, utilizou-se de um pêndulo simples e através da computação de tempos pelos alunos por cronômetros de seus celulares, eles passaram a perceber a independência destas grandezas.

Em relação à dúvida sobre os valores da velocidade de uma onda, foi mostrada uma tabela de velocidades da luz em diversos meios, esclarecendo que nem mesmo a luz tem a mesma velocidade em meios diferentes.

Esclarecido as dúvidas, o objetivo desse encontro 3 foi mostrar o fenômeno de ressonância em situações mais simples, para posteriormente associar à forma como o rádio decodifica uma estação específica. Os exemplos abordados foram o movimento do balanço infantil quando uma criança empurra a outra, as vibrações dos diapasões da aula anterior e o quebrar de uma taça de vidro pela voz de tenores. Em seguida, foram discutidos os conceitos de frequências ressonantes e não ressonantes, utilizando para isso o vídeo 3 que possui imagens como as da figura 4.

Figura 4 – Segundo e terceiro harmônicos, respectivamente, de uma corda vibrante tensionada.



Fonte: acervo dos autores.

Assim, em analogia, esperava-se que eles compreendessem que apesar de chegarem à antena do rádio de galena uma grande quantidade de ondas eletromagnéticas, apenas algumas frequências específicas de AM (amplitude modulada) conseguem fazer com que o sistema entre em ressonância, efetuando a sintonização do rádio.

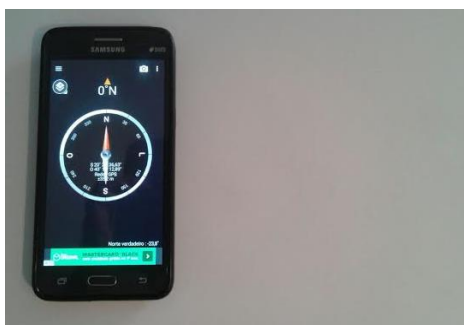
Por fim, foi realizada uma apresentação, com uso de *datashow* sobre os conceitos trabalhados no simulador, nos vídeos e nos experimentos das aulas anteriores.

4.4. Encontro 4

Este encontro iniciou com a exibição do vídeo 4 de cerca de 20 minutos sobre os ímãs, sua história, o campo magnético terrestre, a evolução dos processos de fabricação dos ímãs e suas aplicações. O objetivo foi introduzir o conceito de campo magnético em diversas situações, diferenciar materiais magnéticos de não magnéticos, mostrar a representação tridimensional das linhas de indução magnética por limalhas de ferro e entender que campos magnéticos podem ser gerados por correntes elétricas.

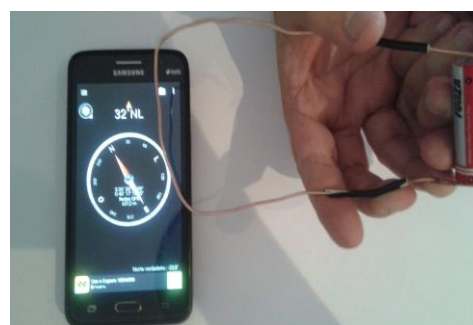
Por fim foi realizado o experimento 4, semelhante ao de Oersted, com pilhas, fios de cobre e o aplicativo bússola do celular (ver figuras 5 e 6). O objetivo foi que os alunos percebessem que correntes elétricas geram campos magnéticos numa certa direção e sentido. Após o experimento, iniciou-se uma apresentação dialogada com o apoio do *datashow* sobre Ímãs e Campos Magnéticos.

Figura 5 - Bússola posicionada na direção Norte-sul da Terra



Fonte: acervo dos autores.

Figura 6 - Bússola redirecionada pela corrente elétrica no fio



Fonte: acervo dos autores.

4.5. Encontro 5

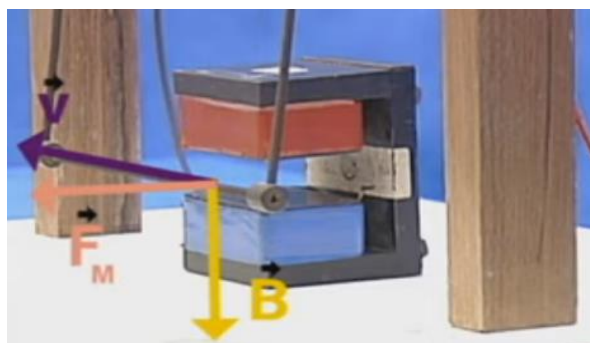


Após um período de férias dos alunos, no encontro 5 houve o retorno e assim, optou-se por fazer uma revisão dos conteúdos já trabalhados na forma de uma Reconciliação Integrativa, para tentar esclarecer relações e harmonizar possíveis inconsistências.

4.6. Encontro 6

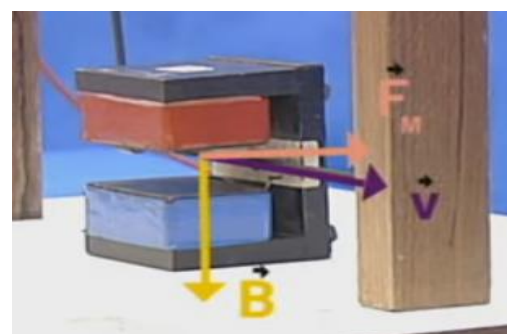
Iniciou com a exibição do vídeo 5 para caracterizar como a força magnética surge e mostrar sua ortogonalidade em relação ao sentido da corrente elétrica, às velocidades das cargas e ao campo magnético (ver figuras 7 e 8). Foi enfatizado o uso da regra da mão direita através de exercícios com apoio do *datashow* e impressos. Durante a aplicação dos mesmos pareceu ao professor que os alunos aprenderam claramente, inclusive os poucos alunos que tiveram dúvidas foram auxiliados pelos próprios colegas no entendimento, mas esse aprendizado não se refletiu no pós-teste.

Figura 7 – Corrente convencional no sentido horário, campo magnético para baixo e Força magnética afastando o fio do ímã



Fonte: acervo dos autores.

Figura 8– Corrente convencional no sentido anti-horário, campo magnético para baixo e Força magnética aproximando o fio do ímã



Fonte: acervo dos autores.

4.7. Encontro 7

Este encontro iniciou com a exibição do vídeo 6 para entender como surge uma corrente induzida em circuitos elétricos a partir da movimentação mecânica de ímãs próximos de bobinas. Após a apresentação do vídeo, através de uma aula



dialogada com o auxílio do *datashow*, o professor construiu junto com os alunos o conceito de fluxo de campo magnético atravessando a superfície de um condutor e discutiu a Lei de Faraday para a indução eletromagnética. Esse assunto foi aprofundado com a análise gráfica em um gráfico do fluxo em função do tempo via *datashow* e exercícios escritos.

Em seguida, para complementar o assunto, foi utilizado o vídeo 7, que trata da comparação entre os tempos de queda vertical de um objeto não imantado e de um ímã em um cano condutor de cobre, e discutiu-se a Lei de Lenz.

4.8. Encontro 8 e 9

Durante o encontro 8 houve a junção dos temas abordados para cumprir a proposta de um entendimento tecnológico de todo processo de recepção e decodificação de ondas pelos alunos. Essa parte é fundamental para a aprendizagem significativa pois é o fechamento de todo conteúdo abordado e sem dúvida foi a parte mais difícil do processo de transposição didática, pois as informações técnicas sobre radiodifusão estão em livros textos de ensino mais avançados como Machado (2010), que trata de antenas e Oliveira (2012).

O material didático deste encontro foi construído baseado em Martínez (2013), que descreve o passo a passo do funcionamento de cada elemento do circuito do rádio de galena, assim como o processo de sua construção.

A primeira questão discutida nesse encontro foi a relação do comprimento de onda emitido com o tamanho da antena dos rádios. Para isso fez-se a seguinte pergunta aos alunos: *Por que os celulares não sintonizam as rádios AM?* Essa questão foi respondida através do cálculo do tamanho de uma antena linear que seria superior a 100m de comprimento.

A segunda questão discutida foi o processo de modulação com a seguinte pergunta: *Por que não se envia ao espaço as ondas já na frequência a ser recebida?* A resposta surge percebendo que para modular ondas eletromagnéticas com frequências iguais às das ondas sonoras seriam necessárias antenas ainda maiores,



por isso os engenheiros, para sanar tal dificuldade, criaram equipamentos de modulação que transformam as ondas sonoras em ondas eletromagnéticas para transportar as informações.

A terceira questão discutida foi: *Como receber um único sinal se no espaço próximo a antena há uma grande gama de rádios levando informação?* Para responder à questão, foi necessário lembrar que uma onda eletromagnética é a propagação de campos elétricos e magnéticos, os quais são capazes de gerar forças em cargas elétricas, podendo movimentar os elétrons da antena, gerando dessa forma, por indução eletromagnética, uma corrente elétrica. Então finalizou-se a discussão mostrando que a onda emitida pela rádio difusora, faz ressoar o circuito do rádio de galena, gerando uma corrente elétrica.

O encontro 9, foi apenas a aplicação do pós-teste e do questionário de opinião dos alunos.

5. ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS

5.1. O Pré-Teste e o Pós-Teste

Os dois testes aplicados foram idênticos e possuíam 6 questões abertas cujas respostas foram analisadas de acordo com as categorias:

- *ABE (Análise bem elaborada)*: quando há uma lógica conceitual estruturada, onde os alunos conseguiram associar parâmetros e conceitos coerentes para resolver a questão, mesmo que não esteja totalmente correta.
- *ARE (Análise relativamente bem elaborada)*: quando os conceitos físicos corretos estão presentes, porém articulados de forma elementar e as inter-relações forem incipientes.
- *RIP (Resolução imprópria para a pergunta)*: quando não aparecem os conceitos necessários ou existem de forma muito desarticulada.



- *SRP (Sem resolução para a pergunta):* quando a questão não é respondida, ou é respondida sem nenhum critério físico.

A seguir é apresentada uma análise comparativa de cada questão dos testes considerando as categorias ABE e ARE como satisfatórias:

Questão 1 - *O rádio de galena funciona sem estar ligado a uma fonte de energia visível, tal como uma tomada ou bateria. Sabemos que para produzir som é preciso de uma fonte de energia, então qual a fonte de energia que faz com que o rádio de galena funcione? Justifique sua resposta.*

No pré-teste as respostas satisfatórias eram 26% e após a aplicação aumentaram para 71%, mostrando uma boa progressão. É provável que tal resultado seja devido a essa questão ter sido retrabalhada durante toda a intervenção e isso está de acordo com a afirmação de Ausubel (2003, p.35):

Contudo, muitos professores aprenderam a partir da própria experiência não só que as tarefas e os exercícios não precisam possuir um caráter necessariamente memorizado, mas também que são essenciais para a retenção em longo prazo, para a transferibilidade e para a aquisição de muitas capacidades e conceitos que não ocorrem frequentemente, nem se repetem vezes suficientes, em âmbitos mais naturais e, logo, é necessária a prática e a revisão

Segue uma resposta satisfatória ABE do pós-teste:

Aluno 3: “Pois as ondas de rádio são ondas eletromagnéticas, ou seja, transportam energia sem necessariamente transportar matéria. Essa energia faz com que o rádio funcione.”

Nota-se que o conceito de ondas eletromagnéticas transportando energia através do espaço e sendo utilizada para possibilitar o funcionamento do rádio de galena foi atingido pela maioria dos alunos.

Questão 2 - *Para que possamos ouvir músicas nas nossas casas através dos rádios, a frequência de uma rádio difusora deve ser sintonizada, por isso alternamos o mostrador para o valor da frequência que desejamos ouvir. Qual o nome do fenômeno*



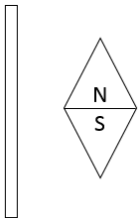
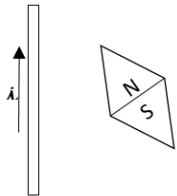
*físico que propicia a sintonia de uma determinada radiofrequência no rádio de galena?
Explique o fenômeno.*

Inicialmente, apenas 3% das respostas foram satisfatórias com 68% de respostas SRP. Após a aplicação da proposta didática 45% da turma mostrou respostas satisfatórias e a falta de resposta (SRP) caiu para 19%. Como um exemplo segue uma resposta satisfatória ABE do pós-teste:

Aluno 4: “O fenômeno da ressonância, quando sintonizamos na frequência escolhida isso possibilita somente a captação de ondas com essa frequência, impedindo que as outras sejam captadas.”

Nota-se que o conceito de ressonância e sua aplicação no funcionamento do rádio de galena foi atingido por quase a metade da turma.

Questão 3 - *Uma bússola se orienta na direção norte-sul da Terra. Em uma aula de eletromagnetismo, Christian Oersted percebeu que ao colocar uma bússola perto de um condutor que passava corrente elétrica, ela se posicionava de maneira diferente. Explique a razão.*

	
<i>Fio retilíneo próximo a uma bússola orientada na direção norte-sul da Terra.</i>	<i>Bússola reorientada após o fio ser percorrido por uma corrente elétrica.</i>

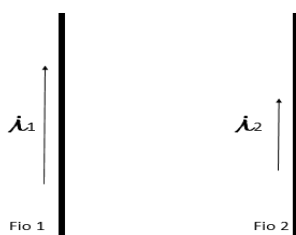
As respostas satisfatórias aumentaram de 32% para 51%, mas 39% dos alunos ainda continuaram em RIP. Como um exemplo segue uma resposta satisfatória ABE do pós-teste:

Aluno 5: “O fio percorrido por uma corrente elétrica produz um campo magnético ao seu redor que interfere na marcação da bússola. Isso ocorre porque a bússola se orienta pelo campo magnético da Terra e, ao colocá-la próxima de outro campo, este vai influenciá-la.”



Percebe-se que cerca da metade dos alunos conseguiu perceber a relação entre o surgimento de campo magnético e as cargas elétricas em movimento. Contudo, nessa questão surgiu um modelo descritivo muito presente nas respostas dos alunos, “a associação de cargas elétricas positivas com pólo norte e de negativas com o pólo sul.” Caso esse produto seja reaplicado, deve-se estar atento a este fato.

Questão 4 - *Na transmissão de energia elétrica por fios de alta voltagem, os fios nem sempre são encapados com isolantes e podem se afastar ou se aproximar tanto pelo vento quanto pelo sentido da corrente elétrica que os atravessa. Portanto, o espaçamento entre eles evita um curto-circuito na rede elétrica. Mesmo sabendo que os fios são percorridos por corrente alternada, vamos supor que em um determinado instante as correntes nos fios tenham o mesmo sentido. Neste caso eles tenderiam a se separar ou se aproximar. Justifique a resposta.*



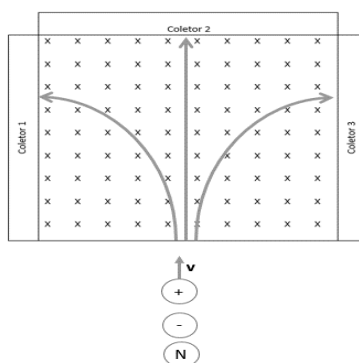
As respostas satisfatórias passaram de 14% à 32%, podendo essa variação menor, em relação às perguntas anteriores, indicar um aprendizado menos significativo. Contudo, as aulas que trataram desse assunto foram espaçadas temporalmente e grande parte dos alunos não aprenderam a regra da mão direita significativamente, a qual era fundamental à resolução da questão, o que contrasta com as resoluções em sala de aula que indicavam um aprendizado não mostrado no pós-teste.

Isso está de acordo com Ausubel (2003), que defende mais momentos de revisão para a consolidação do conhecimento. Segue um exemplo de uma resposta RIP do pós-teste.

Aluno 6: “Eles iriam se afastar, pois a força eletromagnética criada por um campo magnético repele um fio de outro (já que as correntes têm o mesmo sentido), logo os fios tenderiam se separar.”



Questão 5 - Para separar átomos neutros, íons positivos e íons negativos de mesma massa, um cientista preparou um aparelho que projetava as partículas em uma região para que elas fossem separadas por um campo magnético uniforme, conforme a figura a seguir:



Associe as colunas, de acordo com o enunciado. Justifique sua resposta.

- 1- Átomos neutros () acumularão no coletor 1
- 2- Íons positivos () acumularão no coletor 2
- 3- Íons negativos () acumularão no coletor 3

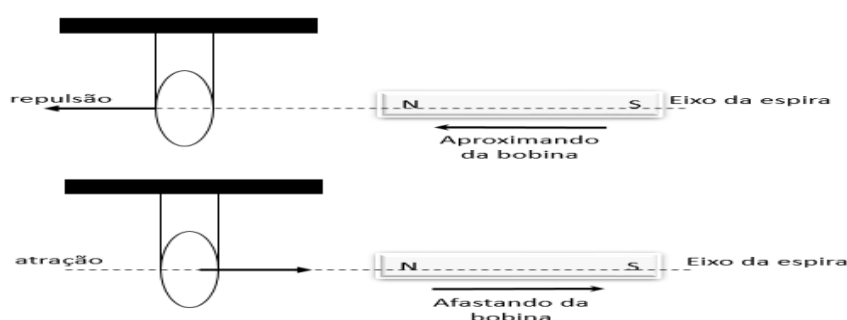
Nota-se uma melhora nas respostas satisfatórias saindo inicialmente de 3% para 29%. Nessa questão a dificuldade dos alunos foi em justificar corretamente, pois 100% dos alunos souberam que os átomos neutros chegariam ao coletor 2 e a parte de associar as colunas teve 24 acertos do total de 31 alunos. Como um exemplo segue uma resposta RIP do pós-teste indicando que a maioria dos alunos tentou resolver a questão sem ter aprendido o conteúdo:

Aluno 7: “Os nêutrons não são atraídos por nenhum então para o coletor 2 os prótons e os negativos para o 3.”

Mesmo após a aplicação 55% dos alunos estavam nessa situação. O baixo rendimento nessa questão 5 provavelmente se deu por um motivo semelhante ao da questão 4, isto é, o não entendimento de forma significativa da regra da mão direita para determinar o sentido da força magnética.



Questão 6 - Vamos supor que exista uma bobina suspensa por dois fios inextensíveis, conforme as figuras. A figura superior mostra que quando aproximamos o ímã da bobina ela tende a sofrer uma força de repulsão em relação ao ímã, enquanto na figura inferior ela tende a sofrer uma força para tentar a se aproximar do ímã. Explique o porquê.



Essa questão é a que apresenta menor evolução dos modelos explicativos dos alunos, com as respostas satisfatórias evoluindo de 3% para 20%. Ainda houve um grande número de alunos que passaram a responder, não deixando respostas em branco. Como um exemplo segue uma resposta RIP do pós-teste, indicando que a maioria dos alunos tentou resolver a questão sem ter aprendido o conteúdo:

Aluno 8: “Na repulsão a bobina tem seu polo norte voltado para o ímã, já na atração tem o polo sul voltado para o ímã.”

Mesmo após a aplicação 58% dos alunos estavam nessa situação com baixo nível de aprendizado, indicando que o assunto desta questão não foi trabalhado suficientemente.

5.2. O Questionário de Opinião

Para avaliar a aceitação da proposta didática foi aplicado um questionário de opinião para os alunos, onde caso eles desejassem poderiam também fazer comentários. A seguir, no quadro 2 são apresentados de forma resumida os resultados:

Quadro 2: Resultado do questionário de opinião dos alunos sobre a intervenção.

Pergunta	% de alunos satisfeitos	Comentários dos alunos, caso existirem
1- O vídeo sobre o rádio de galena serviu para orientar as aulas do curso?	87%	<i>Aluno 9: "Pois mostra como o rádio funciona e ilustra o que realmente acontece para que ele funcione"</i>
2- Os vídeos escolhidos ilustram os fenômenos físicos estudados?	87%	-
3- Você gostaria de mais vídeos ilustrativos em suas aulas teóricas de Física?"	67%	<i>Aluno 10: "Pois diferente de uma aula normal, o vídeo mostra com mais clareza o que realmente ocorre". Aluno 11: "Depende da qualidade. Experimentos em aula prática são melhores".</i>
4- Os experimentos de geração e transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas pelo oscilador e o transmissor de FM mostraram como é possível a geração e a transmissão de ondas eletromagnéticas?	87%	-
5- Você gostaria de mais experimentos durante as aulas?	81%	<i>Aluno 13: "Quanto mais melhor". Aluno 14: "Os experimentos ajudam muito, ainda mais quando tem a participação do aluno". Aluno 15: "Experiências em sala de são melhores na maioria das vezes".</i>
6- O simulador de ondas ajuda a perceber a relação entre a velocidade de propagação e frequência de ondas?	81%	-
7- Você gostaria de mais simulações durante as aulas?	78%	<i>Aluno 16: "Foi muito bom."</i>
8 - Você gostou de receber por e-mail o conteúdo das aulas?	71%	<i>Aluno 17: "Achei muito importante ter o conteúdo em mãos possibilitando que eu revisse os conteúdos".</i>

Fonte: os autores.

Assim, a escolha o vídeo 1 sobre o rádio de galena, com um organizador prévio, conseguiu atingir alguns objetivos. É possível concluir também que a maioria



dos alunos aprovou o uso dos vídeos e dos experimentos, que os classificam como muito motivadores.

Em relação às simulações, o resultado indica que seu uso se constitui numa boa alternativa na impossibilidade de se fazer experimentos reais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da radiodifusão, e em particular, do rádio de galena se mostrou muito rico trazendo elementos de telecomunicações e de eletrônica como aplicações tecnológicas do eletromagnetismo. Este tema também foi bem adequado para a turma em que foi empregado, pois ela era de um curso técnico em eletrotécnica, integrado ao ensino médio, e isso vai de encontro com (BRASIL, 1996; art. 26), que afirma que os currículos do ensino médio devem ser complementados de acordo com as características da clientela. A escolha do tema contribuiu para mostrar a relação estreita entre o conhecimento científico e suas aplicações tecnológicas que acreditamos dar mais sentido ao processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Ausubel (2003), quando o aluno percebe o sentido do que lhe é ensinado este material torna-se potencialmente significativo e nesse caso o aluno estará mais motivado a interagir com o que lhe é ensinado. O uso do rádio como norteador do trabalho, propiciou uma participação mais ativa dos alunos que se interessaram em aprender as bases do conhecimento da radiodifusão, fazendo com que eles percebessem que o que estudavam não estava fora de sua vida cotidiana.

Contudo, para trazer esses conhecimentos científicos e tecnológicos para a sala de aula foi necessário fazer o processo de transposição didática, pois os conhecimentos da radiodifusão encontram-se nos livros de Eletrônica e de telecomunicações, o que não se constituiu uma tarefa fácil, devido à especialidade do tema.

A aplicação do produto como um todo foi considerada positiva, pois as atividades proporcionaram mais discussões e diálogos com os alunos. Além disso, os



resultados da comparação entre o pré-teste e pós-teste mostraram bons indícios de aprendizagem significativa em algumas perguntas respondidas, embora na parte referente à indução eletromagnética não foi percebido uma melhora tão substancial. Com base na análise do questionário de opinião aplicado, a metodologia utilizada teve boa aceitação por parte dos alunos, que ficaram satisfeitos com o uso dos vídeos, dos experimentos e da simulação computacional.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por auxiliar o programa de mestrado xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx. Agradecemos a xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx por apoiar esse trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 2, n. 25, p.176-194, jun. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

ASTOLFI, J-P e DEVELAY, M. A. **Didática das Ciências**. Papyrus. Campinas, 1995.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003. Disponível em: <http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retenc%20de%20conhecimentos.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2021.

BRASIL. Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 1996.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+): Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2021.



BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p.387-404, 2005. set./dez. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/512>>. Acesso em: 22 jan. 2021

CHEVALLARD, Yves. **La transposition didactique**: du savoir savant au savoir enseigné. La Pensée Sauvage Éditions: Grenoble, 1991.

MACHADO, Ademir Freitas. **Manual das antenas**: para radioamadores e radiocidadãos. Dourados: Edição do Autor, 2010. Disponível em: <https://www.arpapr.org.br/files/manual_das_antenas_pt9aia.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2021.

MARTÍNEZ, Julio. Construcción de una radio de galena paso a paso. **Suplemento MQR – Edición electrónica**, Valencia-Alaquàs, ClubS500, 2013. Disponível em: <<http://www.upv.es/~csahuqui/julio/s500/suple01.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

MOREIRA, Marco Antônio; OSTERMANN, Fernanda. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 2, n. 10, p.108-117, 1993. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7275/14939>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

MUSSOI, Fernando Luiz Rosa. Fundamentos de Eletromagnetismo. Florianópolis: CEFETSC, 2005. Disponível em: <<http://www.docsity.com/pt/fundamentos-de-eletromagnetismo-cefet-sc-apostilas-fisica-parte1/313766/>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán et al. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de Ciências. **Oei - Revista Iberoamericana de Educación**, Málaga, v. 33, n. 1, p.1-11, 2003. Disponível em: <<https://rieoei.org/RIE/article/view/2889/3822>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

OLIVEIRA, Hélio Magalhães de. **Engenharia de telecomunicações**. Recife: HM, 2012. Disponível em: <https://www.academia.edu/3677340/Engenharia_de_Telecomunica%C3%A7%C3%B5es_freedownload>. Acesso em: 22 jan. 2021.

PAIS, L. C. Transposição Didática. In: MACHADO, Silvia Dias Alcântara (Org.). **Educação Matemática**: uma (nova) introdução. 3 ed., v. 1. São Paulo: EDUC - Editora da PUC-SP, 2008.



XXXX, xxxx. **Rádio de Galena e Vídeos do YouTube:** Elementos Motivadores para a Aprendizagem de Eletromagnetismo. Dissertação (Mestrado profissional em Ensino de Física) –xxxxxxx, 2017. Disponível em: <xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx>. Acesso em: 22 jan. 2021.

RICARDO, Elio Carlos; ZYLBERSZTAJN, Arden. Os Parâmetros Curriculares Nacionais na formação inicial dos professores das Ciências da Natureza e Matemática do Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p.339-355, 2007. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/464>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

SOUZA, Nádía Aparecida de; BORUCHOVITCH, Evely. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 3, n. 26, p.195-218, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/edur/v26n3/v26n3a10.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

TOBÓN, Sergio; PRIETO, Julio H. Pimienta; FRAILE, Juan Antonio García. **Secuencias didácticas:** aprendizaje y evaluación de competencias. México: Pearson, 2010. Disponível em: < <http://files.ctezona141.webnode.mx/200000004-8ed038fca3/secuencias-didacticastobon-120521222400-phpapp02.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2021.

ZABALA, Antoni. **A Prática Educativa:** como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Recebido março de 2021

Aprovado agosto de 2021.