

# **Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma análise do que se tem discutido a respeito do assunto**

## **Teaching of Modern and Contemporary Physics in High School: an investigation of what has been discussed about the subject**

**Ligia Ayumi Kikuchi**

Universidade Estadual de Londrina  
ligia\_akikuchi@hotmail.com

**Adriano José Ortiz**

Universidade Estadual de Londrina  
adrianorcc3@yahoo.com.br

**Irinéia de Lourdes Batista**

Universidade Estadual de Londrina  
irinea@uel.br

### **Resumo**

A Física Moderna e Contemporânea trouxe diversas inovações conceituais que modificaram a maneira de interpretar fenômenos do Universo. Porém, grande parte dos estudantes de nível médio não possui contato com os conceitos dessa nova Física. Assim, este trabalho apresenta uma revisão de literatura com o intuito de analisar as discussões a respeito da introdução do ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, baseada nos seguintes questionamentos: como está ocorrendo a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, se ocorre; quais metodologias têm sido propostas ou utilizadas visando essa inserção; e se a História e Filosofia da Ciência podem ser elementos facilitadores do ensino desse conteúdo.

**Palavras chave:** Física Moderna e Contemporânea, Ensino de Física, Ensino Médio.

### **Abstract**

Modern and Contemporary Physics brought many conceptual innovations that changed the way to interpret phenomena of the Universe. However, most high school students don't have contact with the concepts of this new Physics. Therefore, this paper presents a literature review in order to analyze the discussions about the introduction of the teaching of Modern and Contemporary Physics in high school, based on the following questions: how is occurring the insertion of Modern and Contemporary Physics in high school, if it occurs; which

methodologies have been proposed or adopted with this insertion; and if History and Philosophy of Science can be facilitative elements of teaching that content.

**Key words:** Modern and Contemporary Physics, Physics teaching, high school.

## Introdução

O desenvolvimento da Física Moderna e Contemporânea (FMC) trouxe diversas inovações conceituais que modificaram a maneira de interpretar muitos dos fenômenos do Universo. Por exemplo, a Relatividade Geral traz uma nova interpretação de tempo e espaço, além da proposição da existência de buracos negros. Já a Mecânica Quântica se volta para o mundo do muito pequeno, e seus resultados abalam as bases do “determinismo” clássico; as partículas podem se comportar como ondas e as ondas, como partículas.

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) reforçam que o Ensino de Física deve apresentar um conjunto de competências que tornem possível a compreensão de fenômenos naturais e tecnológicos presentes tanto no cotidiano imediato do aluno como no estudo do universo distante. Elas afirmam que é preciso “construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p.1).

Portanto, a formação de um cidadão deve levar em consideração sua participação e intervenção na sociedade em que vive. Essa sociedade está vinculada às atuais evoluções tecnológicas presentes em diversas áreas como saúde, educação, industrialização, entre outras. O entendimento de grande parte desses fenômenos tecnológicos está conectado à compreensão da FMC. Como exemplo de tecnologias que estão ligadas a esses assuntos tem-se o funcionamento de computadores, mostradores de cristal líquido, lasers e fibras óticas.

As orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais apresentam a necessidade da abordagem de temas relacionados à Física Moderna do século XX no Ensino Médio (EM):

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. (BRASIL, 2002, p.19)

Ostermann, Ferreira e Cavalcanti (1998) também apresentam razões para introduzir tópicos de física contemporânea na escola média. Dentre elas estão: despertar a curiosidade dos alunos e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles; estabelecer o contato dos alunos com as ideias revolucionárias que mudaram a Ciência do século XX; atrair jovens para a carreira científica, futuros pesquisadores e professores.

Uma das maneiras de se recriar um ambiente contextualizador é por meio de uma abordagem histórico-filosófica, pois permite entender a origem da problemática, do desafio conceitual e/ou empírico, como se apresentaram as questões, as hipóteses, os elementos conflitantes, e os desenvolvimentos subsequentes (BATISTA, 2004).

Diante das orientações oficiais e dos resultados de pesquisa da área, acreditamos necessário investigar questões relacionadas ao ensino de FMC no EM e suas implicações. Para isso, realizamos um levantamento bibliográfico no qual nos baseamos em três questionamentos: 1. Considerando a relevância da inserção do ensino de FMC no EM, essa inserção está

acontecendo? 2. Qual a visão que se tem dos resultados obtidos? 3. Uma metodologia baseada na História e Filosofia da Ciência pode ser uma facilitadora nessa inserção?

### Procedimentos Metodológicos

Considerando a Análise documental como definida em Lüdke e André, pode-se considerar documento, de acordo com Phillips, “quaisquer materiais escritos que possam ser usados como fonte de informação sobre o comportamento humano”. (PHILLIPS, 1974, p.187 apud LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p.38). Assim, o levantamento bibliográfico foi realizado, no período de 2007 a 2012, em artigos científicos publicados em periódicos das áreas de Ensino de Física, Ensino de Ciências e Educação, pesquisando a temática “Ensino de FMC no EM”. Os periódicos analisados, pertencentes aos estratos A1, A2, B1 e B2 da área de Ensino, foram: Ciência & Educação; Investigações em Ensino de Ciências; Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias; Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Revista Brasileira de Ensino de Física; Latin-American Journal of Physics Education; e Experiências em Ensino de Ciências.

Foram consultados, também, outros periódicos da área, tais como: Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências; Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências; Ciência & Ensino; porém, nesses periódicos não foram encontrados artigos relacionados à FMC no EM durante esse período.

### Apresentação dos resultados

Por meio da pesquisa realizada, foram encontrados 13 artigos relacionados a tópicos de FMC no EM. Entre os artigos encontrados, foram evidenciados diferentes objetivos como: elaboração, aplicação e/ou avaliação de propostas de ensino de tópicos de FMC, análise de posicionamentos de professores a respeito do ensino de FMC no EM, análise dos conteúdos de FMC presentes em livros didáticos. Dentre as propostas de ensino encontradas nos artigos, algumas delas estão relacionadas à utilização de novas tecnologias e outras relacionadas a uma metodologia baseada na História e Filosofia da Ciência (HFC). A quantidade de artigos encontrados em cada classificação é mostrada no Quadro 1.

Elaboração, aplicação e/ou avaliação de propostas de ensino	11 artigos
Propostas utilizando novas tecnologias	03 artigos
Propostas baseadas na História e Filosofia da Ciência	04 artigos
Análise dos conteúdos em livros didáticos	01 artigo
Análise de posicionamento de professores	02 artigos

Quadro 1: Quantidade de artigos encontrados em cada classificação<sup>1</sup>

Foram encontrados como temas de FMC nas propostas: Física Nuclear, Mecânica Quântica, Radioatividade, Raios X, Relatividade Restrita e Geral, Supercondutividade e Efeito Fotoelétrico.

Como indicado no quadro, obtivemos 11 artigos com o objetivo de elaborar, aplicar e/ou avaliar propostas de ensino de tópicos de FMC no EM. Dentre esses artigos, foram encontrados dois relacionados à utilização de novas tecnologias e três relacionados com

<sup>1</sup> Algumas publicações foram enquadradas em mais de uma das diferentes classificações.

metodologia baseada na HFC, enquanto um abordava a utilização de novas tecnologias em conjunto com a HFC. A seguir, elencamos os principais resultados observados nesses trabalhos.

No artigo de Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), os autores mostram um quadro favorável para a introdução de uma proposta metodológica com tópicos de FMC, particularmente os raios-X, utilizando um material com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). O conteúdo abordado foi dividido em módulos didáticos e validado por um grupo de professores de Física.

Karam, Cruz e Coimbra (2007) implementaram uma sequência didática, na qual trataram especificamente a construção do princípio da Relatividade, logo após a abordagem de cinemática. Ao expor os alunos a situações conflitantes com suas concepções iniciais e oportunizar momentos de debate em sala de aula, perceberam que o princípio da Relatividade foi muito questionado e gradativamente assimilado pelos alunos sem que houvesse uma postura de imposição por parte do professor. Segundo os autores, uma discussão mais ampla a respeito do princípio da Relatividade de Galileu, enfatizando o movimento uniforme absoluto, pode contribuir para uma ênfase nos aspectos conceituais da física e servir como uma porta de entrada para a abordagem de tópicos da Relatividade.

Caruso e Freitas (2009) apresentaram um projeto de educação por meio de histórias em quadrinhos e um conjunto de sete tirinhas originais, que pode ser utilizado pelos professores de EM como suporte para uma abordagem lúdica e divertida da Física Moderna, evidenciando as contribuições de Einstein para a consolidação da Teoria da Relatividade. Essas tirinhas, por seu caráter lúdico, podem ser utilizadas pelo professor como um instrumento de apoio em suas aulas para “prender a atenção” dos estudantes. Elas têm a vantagem de permitir que qualquer assunto de Física ou de Ciências possa ser abordado sem recorrer à matematização do fenômeno.

Rocha e Schaf (2009) apresentam um roteiro para estudo de supercondutividade experimental para o Ensino de Física que pode servir como material de apoio na abordagem do tema. A experiência proposta serve para a inserção de tópicos de FMC, como a Supercondutividade, nos currículos de EM, que ainda são poucos trabalhados do ponto de vista experimental.

No artigo de Vicentini *et al.* (2011), foi realizado um relato de experiência da difusão do conteúdo de FMC para professores e estudantes de escolas públicas, por meio de um projeto cujo objetivo era dar fundamento teórico e propor um ensino de Física Moderna com métodos alternativos e experimentos de baixo custo e de fácil acesso, além de ferramentas que auxiliem no processo de ensino e aprendizagem. Foram obtidos resultados positivos, mostrando que o projeto vem contribuindo na complementação da formação escolar, na divulgação científica e no despertar do interesse dos estudantes pela área de exatas e tecnologia.

Sales *et al.* (2008) apontam que o ensino mediado por um Objeto de Aprendizagem (OA), a partir da modelagem exploratória é acessível para o ensino de conceitos físicos. A interação dos estudantes com o *software* proporcionou um ambiente de aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico. Por meio da modelagem exploratória, objetos de aprendizagem podem se apresentar como uma ferramenta de auxílio ao professor em sala de aula, colaborando para desmistificar a aprendizagem em Física, considerada difícil, e possibilitando melhor compreensão dos fenômenos quânticos. A metodologia apresentada pode auxiliar na construção de novos modelos físicos, decorrentes da física quântica. O estudo contribuiu para o delineamento e o desenvolvimento de metodologias voltadas ao ensino de Física por meio de atividades de modelagem exploratória em ambientes computacionais.

Silva, Andrade Jr e Nobre (2012) propuseram ministrar o conteúdo de Física Moderna no EM para alunos do 3º ano de escolas de ensino público e privado, buscando trabalhar principalmente a parte conceitual relacionando a Física com o cotidiano. Os autores afirmam que é possível inserir a FMC para os alunos do EM, principalmente quando utilizados experimentos, vídeos e simulações, sendo que tanto os alunos da rede pública quanto da rede privada de ensino conseguiram acompanhar o curso e entenderem toda a parte conceitual além de fazerem correspondência com o cotidiano.

No artigo de Guerra, Braga e Reis (2007), mostraram que a integração da teoria da Relatividade Restrita e Geral ao currículo é um caminho para trazer temas de FMC ao EM, de maneira que esses assuntos não fossem percebidos pelos alunos como um apêndice aos conteúdos da série. Para superar supostos problemas dos pré-requisitos, sugeriram um trabalho interdisciplinar, em que as produções culturais sejam discutidas. Os resultados dos autores mostraram que uma proposta curricular centrada em uma abordagem histórico-filosófica, em que as questões enfrentadas pelos cientistas, as controvérsias que se envolveram, o ambiente científico cultural de seu trabalho sejam assuntos privilegiados, é um caminho viável para o estudo das teorias da Relatividade Restrita e Geral no EM.

O trabalho de Souza e Dantas (2010) mostrou que temas de Física Nuclear podem ser abordados em nível conceitual no EM, sem perda de generalidade prática, uma vez que a estrutura conceitual e filosófica dos fenômenos pode ser mantida sem recorrer a equações matemáticas e expondo aplicações práticas, que podem ser identificadas pelo aluno no cenário científico-econômico atual.

Cordeiro e Peduzzi (2010) apontaram a possibilidade da utilização didática das Conferências Nobel em sala de aula, como uma abordagem a respeito de aspectos históricos da radioatividade, uma vez que essas conferências têm essência pedagógica, são redigidas pelo próprio cientista em linguagem acessível ao público geral e estão disponíveis na página do Prêmio Nobel. Bem trabalhado em sala de aula, o contexto da atribuição do Prêmio Nobel a um cientista pode contribuir para desmistificar a própria ideia do gênio solitário, em sua torre de marfim, alheio a tudo e a todos.

A pesquisa de Machado e Nardi (2007) se envolveu na produção e validação de um *software* fundamentado em princípios ausubelianos de ensino, estudos relativos à inserção da Física Moderna no EM, debates promovidos no âmbito do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente, e considerações quanto ao papel pedagógico da HFC. Os autores encontraram indícios de que o uso do computador foi fator de motivação dos estudantes; a diversidade de elementos de mídia os auxiliou a fixar a atenção no conteúdo e favoreceu a visualização e interpretação dos fenômenos; o hipertexto estruturado em conformidade com princípios ausubelianos contribuiu para a percepção da relação entre os conceitos e ajudou no desenvolvimento de subsunçores para apoiar a aprendizagem subsequente. Obtiveram-se evidências de que a proposta didática trouxe benefícios para a aprendizagem de conteúdos procedimentais e atitudinais.

No que se refere à análise de conteúdos de FMC presentes em livros didáticos, encontramos um artigo, cujo resultado descrevemos a seguir.

Domiguini (2012) verificou que conteúdos relacionados à Física Moderna se encontram em todos os livros didáticos do PNLEM (Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio), seja em forma de capítulo, ou unidade específica, ou textos dispersos ao longo da obra, como um apêndice ou texto complementar. Em todos os livros que apresentam esse conteúdo como capítulo específico, esse se localiza no final dos livros de volume único ou no final do último livro das coleções seriadas. As opiniões dos autores dos livros didáticos de física do PNLEM são conflitantes a respeito da inserção da Física Moderna no EM, pois

enquanto alguns autores defendem que a Física Moderna seja um conteúdo imprescindível aos estudantes, outros apenas o recomendam como leituras complementares. Como os diferentes livros didáticos fornecem diferentes abordagens, cabe ao professor analisar o seu contexto escolar e optar por aquilo que permitirá ao seu aluno compreender a realidade natural que nos cerca.

Com o objetivo de analisar o posicionamento de professores a respeito do ensino de FMC no EM, encontramos dois artigos, que apresentam os seguintes resultados.

Na análise de Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), a maior parte dos professores que participaram da sua pesquisa se mostrou favorável à introdução dos tópicos de FMC, mais especificamente Raios-X, e considerou que as instituições de ensino público são os melhores locais para introduzir o assunto, devido o menor enfoque nos exames vestibulares e a flexibilidade curricular e autonomia dos professores, apesar de problemas como a carga horária reduzida de Física. Os professores entrevistados concordam que a matematização deve ser feita de maneira superficial (quando houver), priorizando a parte qualitativa (conceitual) e fenomenológica do assunto.

No artigo de Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2009), os professores entrevistados atribuíram papel relevante à introdução da FMC no nível médio, porém inviabilizaram a sua introdução devido à sua compreensão restrita ao formalismo matemático, à ausência de experiências, ou lacunas em sua formação. Está distante dos professores planejarem estratégias de ensino contemplando a FMC, com o intuito de possibilitarem, aos alunos do EM, a construção de uma visão cultural da Ciência, a física articulada com a cultura, com questões sociais mais amplas ou uma visão mais coerente da Física, bem como da natureza do trabalho científico.

Apesar de diversas justificativas para a introdução da FMC no EM, não se observa tal entusiasmo entre os professores de Física (MONTEIRO, NARDI, BASTOS FILHO, 2009). Para a FMC ser introduzida mediante uma abordagem crítica no EM, é imprescindível a discussão a respeito de outras perspectivas, diferentes da racionalidade técnica para a formação de professores de Física, ou seja, há necessidade de capacitação e atualização para que os professores possam trabalhar esse assunto em sala de aula de maneira crítica.

### **Análise dos Resultados**

Observamos que a maior parte dos estudos apresenta propostas de ensino de FMC e/ou avaliações de propostas de ensino aplicadas, mostrando que a inserção da FMC está acontecendo a partir de diferentes tópicos e abordagens, porém de maneira pontual, o que vai ao encontro dos resultados de Pereira e Ostermann (2009). Os trabalhos que avaliam propostas de ensino aplicadas podem auxiliar o professor, pois permitem verificar a efetividade dessas propostas. Assim, o professor pode adequá-las de acordo com as diferentes situações que pode encontrar em sala de aula. A análise dos conteúdos de livros didáticos também possui um papel relevante, pois pode auxiliar o docente de Física a selecionar o material que se adapta aos seus objetivos de ensino.

Segundo Domingui (2011), compreender as teorias da Física Moderna é algo complexo que pode ser facilitado pela exploração das questões históricas de produção e evolução desses conhecimentos. Portanto, por meio das propostas abordadas, observa-se que a HFC pode facilitar a inserção da FMC no EM, uma vez que debates a respeito de fatos histórico-filosóficos como meio de compreender as noções científicas, de olhar para o problema da natureza do conhecimento científico por enfoques diferenciados, contribui de maneira interdisciplinar (BATISTA, 2009), apresentando, assim, aos estudantes, uma Física mais próxima de sua realidade.

Acreditamos que o registro de trabalhos, mesmo que pontuais, são relevantes para fornecer aos professores diferentes metodologias como base para sua prática docente, auxiliando seu trabalho com sugestões de atividades que podem ser desenvolvidas em sala de aula. No entanto, ressaltamos que isso não é suficiente, sendo que os professores ainda apontam problemas para a introdução da FMC no currículo do EM, apesar de se mostrarem favoráveis a essa inserção. Como evidenciado por Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2009), o perfil de formação inicial de professores está distante do planejamento de estratégias de ensino de FMC. Por outro lado, em nosso levantamento esse foi o único trabalho a apontar questões referentes à formação inicial de professores, o que indica ainda haver uma necessidade de se discutir melhor o tema, não somente em relação ao conteúdo de FMC, mas também às metodologias de ensino de FMC e formação docente para implementá-las.

### **Considerações Finais**

A inserção da FMC no EM se mostra relevante, pois ela pode proporcionar uma nova maneira de pensar a realidade em que vivemos, e perceber que essa realidade é produto das ações humanas. Apesar dessa relevância, essa nova realidade ainda está distante das salas de aula, o que limita uma discussão que poderia ser estimulante e desafiadora para os alunos.

Por meio do levantamento realizado, foram encontradas várias contribuições de diferenciados temas de FMC com diferentes abordagens. Porém, apontamos para a necessidade de novas investigações a fim de analisar o relacionamento dos professores de Física do EM com materiais e propostas desenvolvidas, pois eles serão os mediadores da inserção da FMC na escola.

Além disso, os resultados mostram que é necessário pensar na formação inicial do professor, não somente em relação ao conteúdo de FMC, mas também, em relação às metodologias de ensino de FMC, dinâmicas e contextualizadas, para que o assunto não seja desconexo aos alunos, e para que o professor sinta-se capaz de ensinar tópicos desse conteúdo em sala de aula.

### **Referências**

- BATISTA, I. L. O Ensino de Teorias Físicas mediante uma estrutura Histórico-Filosófica. **Ciência & Educação**. v. 10, n.3, 2004, p. 461-476.
- BATISTA, I. L. Reconstruções histórico-filosóficas e a pesquisa interdisciplinar em educação científica e matemática. In: BATISTA, I. L.; SALVI, R. F. (Orgs.). **PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: um perfil de pesquisas**. Londrina: Eduel, 2009, p. 35-50.
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica, **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+)**, 2002.
- CARUSO, F.; FREITAS, N. Física moderna no ensino médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 26, n.2, 2009, p. 355-366.
- CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. As conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: a gênese da radioatividade no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 27, n.3, 2010, p. 473-514.
- DOMINGUINI, L. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 34, n.2, 2012.

- DOMINGUINI, L. Questões históricas da evolução da física moderna nos livros didáticos de física do PNLEM. **VIDYA**. v. 31, n.2, 2011, p. 11-26.
- GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 29, n.4, 2007, p. 575-583.
- KARAM, R. A. S.; CRUZ, S. M. S. C. S.; COIMBRA, D. Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 29, n.1, 2007, p. 107-116.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: E.P.U., 1986.
- MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção e validação de um sistema hipermédia para o ensino de Física Moderna. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 6, n.1, 2007, p. 90-116.
- MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio. **Ciência & Educação**. v. 15, n.3, 2009, p. 557-580.
- OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 29, n.3, 2007, p. 447-454.
- OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: um Texto para Professores sobre Supercondutividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 20, n.3, 1998, p. 270-288.
- PEREIRA, A.; OSTERMANN, F. Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: Uma revisão da Produção Acadêmica Recente. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.14, n.3, 2009, p. 393-420.
- ROCHA, F. S.; SCHAF, J. Roteiro para uma abordagem da supercondutividade experimental no ensino de física. **Latin-American Journal of Physics Education**. v. 3, n.2, 2009, p. 288-299.
- SALES, G. L.; VASCONCELOS, F. H. L.; CASTRO FILHO, J. A.; PEQUENO, M. C. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 30, n.3, 2008.
- SILVA, A. F. G.; ANDRADE JÚNIOR, J. A.; NOBRE, F. A. S. Ensino de física moderna: um estudo de caso com ensino público e privado. **Experiências em Ensino de Ciências**. v. 7, n.1, 2012, p. 1-10.
- SOUZA, M. A. M.; DANTAS, J. D. Fenomenologia nuclear: uma proposta conceitual para o Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 27, n.1, 2010, p. 136-158.
- VICENTINI, A.; MELQUIADES, F. L.; MIYAHARA, R. Y.; BORRERO, P. P. G.; VICENTINI, E.; BASTOS, R. O.; SANTOS, S. A. dos. Instrumentação para o ensino de física moderna e sua inserção em escolas de ensino médio – relato de experiência. **Experiências em Ensino de Ciências**. v. 6, n.3, 2011, p. 38-44.