

## **Relatividade Restrita no Ensino Médio: existem subsídios para o professor?**

### **Theory of Relativity Restrict: are there allowances for physics teacher?**

**Lolita Lutz de Souza**

CEFET/RJ

lolitalutz@gmail.com

**Marcília Barcellos**

CEFET/RJ

marcilia12@hotmail.com

**Andreia Guerra**

CEFET/RJ

aguerra@tekne.pro.br

#### **Resumo**

Após mais de uma década de pesquisas apontando a importância da inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, propomos aqui uma reflexão sobre os subsídios disponíveis para que isso de fato ocorra. Com o objetivo de verificar as contribuições de artigos para a efetiva inserção do tema Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio, revisamos três periódicos da área de pesquisa em ensino de física no período de 2005 a 2012. Ao todo, encontramos 35 artigos que falam sobre a Teoria da Relatividade Restrita, com diferentes perspectivas. Nossa proposta foi verificar se há artigos que trazem subsídios para o professor que deseja trabalhar esse tema na Escola Básica. Nossos resultados apontam para um número reduzido de trabalhos com esse perfil.

**Palavras chave:** teoria da relatividade restrita, ensino médio, revisão bibliográfica.

#### **Abstract**

This paper discusses the allowances that science education research allows to science teachers. To achieve this aim, a study was developed in three journals of the physics education research. It was analyzed the papers published in these journals during the period 2005 to 2012 which the aim was verified the contributions that these papers give to physic teachers, who want to teach Theory of Relativity. During this period there are 35 papers on this subject and these papers present different proposals and perspectives.

**Key words:** Theory of relativity, high school, literature review

## **Relatividade Restrita no Ensino Médio: existem subsídios para o professor?**

### **Introdução**

A inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) vem sendo discutida há mais de uma década na área de ensino de Física. Em um artigo de revisão bibliográfica, Ostermann e Moreira (2000), apresentam diversas justificativas para tal inserção. Dentre elas, se destacam: reconhecer a Física como um empreendimento humano, despertar a curiosidade dos alunos, apresentar a pesquisa (atual) em Física, atrair os jovens para a carreira científica, contribuir para uma compreensão da Ciência e da natureza do trabalho científico.

Em janeiro de 2012, foi implantado um novo Currículo Mínimo de Física para o Estado do Rio de Janeiro. LUTZ et al (2012) destacam que a FMC está inserida nas três séries do EM e a justificativa para tal inserção está explícita no próprio documento:

“Abordamos, ao longo dos três anos, temas de FMC como forma de atrair os estudantes e dar maior significado para o estudo de Física. Por isso, ao começarmos com o estudo de Cosmologia já poderemos falar de temas contemporâneos sem precisar esperar todo o estudo da Física clássica para fazê-lo. Conhecer alguns tópicos de FMC é fundamental para compreender a realidade que nos cerca a partir da nova visão de mundo que a Física do século XX construiu”. (RIO DE JANEIRO, 2012, p.03)

Esse currículo entrou em vigor no ano letivo de 2012. É de se esperar que os professores apresentem alguma dificuldade em relação à execução dele, tendo em vista que ele é bem diferente do anterior, já que sua estrutura se dá por meio de competências e habilidades e não por meio de uma lista de conteúdo. Fora isso, o novo currículo contempla temas de FMC, o que não era previsto no currículo anterior. O currículo que vigorou até 2011, tem sua estrutura bem parecida com o sumário de um livro didático tradicional (Lutz, 2012). Uma mudança curricular como essa induz os professores a repensarem suas práticas e buscar novas estratégias para suas aulas.

Em pesquisa realizada no contexto dessa mesma mudança curricular Monteiro (2012), investiga a prática de um professor da Escola Básica ministrando aulas no primeiro ano do EM. Seus resultados apontam para uma dificuldade específica desse professor em trabalhar com o tema da Teoria da Relatividade Restrita (TRR) em situações de ensino. Esse tema está presente no currículo do Estado do Rio de Janeiro, 3º bimestre da 1ª série do EM. Reproduzimos esse trecho específico do currículo na Figura 1.

O professor pesquisado em Monteiro (2012) está no magistério há mais de 30 anos, é graduado em Física e concluiu o curso no ano de 1976. Trabalha como supervisor do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência desde 2010 e já fez três cursos de formação continuada. Pudemos perceber que ele está sempre em formação continuada e trazendo novas possibilidades para a sua sala de aula (MONTEIRO, 2013).

É interessante destacar que o professor em questão defende a mudança curricular do Estado do Rio de Janeiro ocorrida em 2012, como podemos perceber em parte da sua entrevista:

“Eu sou completamente favorável a esta mudança, ou seja, eu sou completamente favorável ao Currículo Mínimo, porque é um currículo que

“oxigena” a programação em Física, contextualiza, traz mais para perto do aluno o dia a dia dele. Então acaba levando a uma prática pedagógica mais “viva”, mais real. Eu vejo dessa forma, esse currículo vem para arejar, vem para trazer um novo olhar do professor para as questões mais atuais, aquelas questões que estão mais no dia a dia do aluno, pois ele lida com o celular, com uma radiografia, ele ouve falar de transmissão de satélite, de efeito fotoelétrico. Esse currículo tem uma série de coisas que eu acho que vai ser muito mais interessante para a gente trabalhar.” (MONTEIRO, 2013, p.35)

Em outro trecho da entrevista, ele faz uma análise crítica em relação ao currículo e a sua prática, destacando a sua dificuldade em trabalhar com o tema da TRR no 1º ano do EM:

“(…) Esse foi o primeiro ano de implantação do Currículo Mínimo, ainda é muito cedo para ter uma opinião formada no todo, mas eu digo o seguinte: foi a melhor experiência que eu tive nos 40 anos de magistério na parte de Física. O Currículo Mínimo permitiu contextualizar a Física.

(…) Eu não gostei de Relatividade no primeiro ano (…). Eu acho que esse tema caberia mais no terceiro ano. Essa é uma crítica que eu faço mais para mim do que para o Currículo Mínimo. Eu vou ter que mudar a minha estratégia.” (MONTEIRO, 2013, p.35)

Diante dessa dificuldade relatada pelo professor, nos indagamos acerca do papel da pesquisa em ensino de física. Essa mesma literatura que vem mais de uma década defendendo a inserção de temas de física moderna contemporânea no EM (inclusive no que concerne a TRR) dá subsídios para que isso de fato ocorra? Quais subsídios a literatura existente da pesquisa em ensino de física fornece ao professor da Escola Básica?

No recorte aqui proposto, nos atentaremos ao tema da “Teoria da Relatividade Restrita”. Buscaremos verificar as contribuições dos artigos presentes nos principais periódicos da área e em que medida esses trabalhos subsidiam uma efetiva inserção desse tema no EM.

| 3º Bimestre                |  |
|----------------------------|--|
| Campo                      | Relatividade restrita e geral  |
| Habilidades e Competências | <ul style="list-style-type: none"><li>- Compreender o conhecimento científico como resultado de uma construção humana, inserido em um processo histórico e social.</li><li>- Compreender que a Teoria da Relatividade constitui um novo modelo explicativo para o universo e uma nova visão de mundo.</li><li>- Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos.</li><li>- Reconhecer os modelos atuais do universo (evolução estelar, buracos negros, espaço curvo e <i>big bang</i>).</li><li>- Compreender que o tempo e o espaço são relativos devido à invariância da velocidade da luz.</li><li>- Reconhecer tecido espaço-tempo sendo o tempo a quarta dimensão.</li><li>- Construir conceito de energia.</li><li>- Identificar a relação entre massa e energia na relação <math>E = m \cdot c^2</math>.</li></ul> |

Figura 1: 3º Bimestre da 1ª série do EM do CMF

## A Pesquisa em Ensino e a TRR no EM

Fizemos uma pesquisa bibliográfica, buscando artigos que versassem sobre a Teoria da Relatividade Restrita (TRR). Três periódicos foram escolhidos para a análise: o Caderno Brasileiro de Pesquisa em Ensino de Física, a Revista a Física na Escola e a Revista Brasileira de Ensino de Física, no período de 2005 a 2012. Escolhemos esses três periódicos, pois dedicam-se exclusivamente ao ensino de Física e são de livre acesso e, assim, de fácil consulta ao professor da educação básica. Escolheu-se 2005 como o primeiro ano de consulta, pois nessa data comemorou-se o centenário da publicação do artigo “A Eletrodinâmica dos corpos em movimento” de Albert Einstein, o que incentivou maior número de trabalhos

referentes ao tema TRR.

Encontramos 35 artigos que tratam da TRR com diferentes objetivos. Para aprofundar a análise, e responder a questão dessa pesquisa, foram criadas três categorias. São elas:

1. Pesquisa em Ensino: publicações que apresentam discussões sobre o ensino da TRR no EM, mas sem a “preocupação” de produzir algum tipo de subsídio para o professor trabalhar o tema em sala de aula.

2. Pesquisa em Ensino com Subsídio Direto: publicações que apresentam propostas sobre ensino de TRR no EM e/ou avaliam resultados alcançados após a aplicação das propostas desenvolvidas. O objetivo principal da Pesquisa em Ensino com Subsídio Direto se mostra produzir algum material de apoio ao professor.

3. Subsídio Indireto (Divulgação Científica, História, Filosofia): publicações que apresentam subsídio ao professor de forma indireta por meio da Divulgação Científica, da História ou da Filosofia. O objetivo dessas propostas não é propor subsídio ao professor, mas elas acabam fazendo isso de forma indireta. Os trabalhos resultantes dessas pesquisas podem ser úteis a um professor que deseje abordar a TRR em suas aulas.

As categorias foram criadas a partir de uma Análise de Conteúdo (BARDIN, 2008), na qual realizamos um processo de acervo e de releituras consecutivas.

Na tabela 1, constam os periódicos utilizados na pesquisa, o número de trabalhos selecionados de cada periódico e o ano de publicação dos artigos. Na tabela 2, constam as categorias e o número de trabalhos selecionados em nossa pesquisa.

| PERIÓDICO  | NÚMERO DE ARTIGOS SELECIONADOS | ANO DE PUBLICAÇÃO DOS ARTIGOS      |
|--|--------------------------------|------------------------------------|
| A Física na Escola                                   | 05                             | 2005, 2006, 2012                   |
| Caderno Brasileiro de Pesquisa em Ensino de Pesquisa | 08                             | 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2012 |
| Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Física   | 22                             | 2005, 2006, 2007, 2008, 2011, 2012 |
| TOTAL  | 35                             | De 2005 a 2012                     |

Tabela 1: Periódicos selecionados na pesquisa, número de artigos selecionados e ano de publicação.

| CATEGORIAS   | NÚMERO DE ARTIGOS SELECIONADOS |
|--|--------------------------------|
| Pesquisa em Ensino   | 04                             |
| Pesquisa em Ensino com Subsídio Direto                         | 08                             |
| Subsídio Indireto (Divulgação Científica, História, Filosofia) | 23                             |
| TOTAL  | 35                             |

Tabela 2: Categorias, periódicos selecionados na pesquisa, número de artigos selecionados.

Uma análise preliminar mostra que muitos autores defendem a inserção da TRR no EM, mas são poucos os trabalhos que se propõem apresentar propostas concretas para a sala de aula. A existência de artigos voltados para os professores da Escola Básica é de suma importância, pois é por meio deles que a inserção de temas inovadores se torna de fato possível e concreta.

## **Pesquisa em Ensino**

Nessa categoria encontramos trabalhos que discutem sobre o ensino da TRR uma forma geral, mas não trazem nenhum tipo de subsídio.

Marques e Silva (2005) realizaram um projeto com a finalidade de utilizar a olimpíada brasileira de astronomia como introdução à Física Moderna no Ensino Médio.

Cunha e Gomes (2012) defendem a necessidade de sincronização conceitual na Física Moderna abordada no ensino médio. O trabalho traz como exemplo questões que envolvem somente a mecânica clássica, trazendo afirmações no enunciado que não seriam verdadeiras se a FMC fosse levada em conta.

Ostermann e Cavalcanti (2007) analisam as deformações geométricas aparentes de três objetos em movimento relativístico com o objetivo de mostrar a diferença entre “medir” e “ver”. Segundo os autores os livros didáticos de Física normalmente induzem o leitor a pensar que objetos em movimento relativístico em relação a certo observador são vistos, por esse observador, contraídos na direção do movimento. Isso na verdade é o que seria “medido” por esse observador e não o que seria “visto”.

Dominguini (2012) realizou uma análise nos livros didáticos de física disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) com o objetivo de localizar a opinião dos autores dessas obras sobre a inserção da FMC no EM.

Não nos parece que os trabalhos aqui destacados, embora possuam intrínseco valor de pesquisa, tragam subsídios ao professor do EM que esteja buscando algum material de auxílio para trabalhar com a TRR em suas aulas.

## **Pesquisa em Ensino com Subsídio Direto**

Nessa categoria, apresentamos trabalhos que trazem subsídio para a criação de propostas didáticas que estão diretamente relacionadas com a TRR na sala de aula do EM. O objetivo principal desses artigos relacionados é a produção de algum material que possa auxiliar o professor.

Santos (2006) apresenta alguns diagramas para auxiliar o professor na abordagem da Teoria da Relatividade Restrita. Eles podem ser usados para construir instrumentos simples, para demonstrar efeitos como a dilatação do tempo ou a contração espacial.

Caruso e Freitas (2009) apresentam um projeto de educação por meio de histórias em quadrinhos que pode ser utilizado pelos professores de EM como suporte para uma abordagem lúdica e divertida da FMC.

Peduzzi et al (2012) apresentam animações desenvolvidas para uma disciplina sobre a história da física de um curso de física na modalidade de Educação a Distância. As animações abordam a história da física à luz da moderna filosofia da ciência. Embora o foco desse artigo não seja o EM, nos parece que o professor poderia utilizar esse material em sua sala de aula.

Karam et al (2006) relatam um trabalho realizado em uma turma de 1ª série do EM com o objetivo de abordar a TRR, imediatamente após o estudo da cinemática usual. Esse trabalho descreve as atividades realizadas e, portanto, apresenta subsídios diretos.

Machado e Nardi (2006) explanam sobre uma atividade com hipermídia para a inserção da Física Moderna no EM com enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade. Eles utilizam também a História da Ciência para conduzir a atividade.

Karam et al (2007) relatam um trabalho realizado em uma turma de 1ª série do EM com o objetivo de abordar a TRR por meio da história da ciência, trazendo uma descrição detalhada da metodologia utilizada.

Guerra et al (2007) trazem uma proposta de inserção das teorias da relatividade restrita e geral na 1ª série do EM com uma abordagem da história e filosofia da ciência, mostrando uma relação possível entre a Física e outras produções culturais.

Zanotta et al (2011) apresentam a história e o funcionamento do Sistema de Posicionamento Global (GPS), fazendo conexão com a mecânica quântica e a teoria da relatividade. Também trazem a realização de uma atividade com alunos de graduação em Física. Esse artigo está voltado para alunos de graduação, mas cremos que ele pode ser adaptado para o EM.

Foram abordados aqui trabalhos com propostas didáticas explícitas que abordam a TRR com diferentes objetivos. Podemos perceber que não são muitos os artigos que se propõem trazer alguma contribuição direta para os professores do EM.

### **Subsídio Indireto (Divulgação Científica, História, Filosofia)**

Aqui relacionamos os artigos que abordam a TRR por meio da divulgação científica, da história e da filosofia da ciência. Esses trabalhos podem ser úteis para um professor que deseja a inserção da TRR no EM, embora esse não seja o objetivo explícito dos autores.

Podemos destacar os trabalhos de Andrade et al (2007), Gomes et al (2011), que discutem as possibilidades de uso das relações entre a Física e a pintura no EM por meio da história. Andrade et al (2007) revisitam algumas obras do pintor Salvador Dalí a partir de um olhar pedagógico buscando identificar elementos e ideias relacionados à Física Moderna presentes nas mesmas, contribuindo assim para um ensino interdisciplinar de FMC no EM e na formação de professores.

No âmbito da história e filosofia da ciência, temos o trabalho de Guerra et al (2010) que propõe o estudo da TRR por meio da história e filosofia da ciência, fazendo com que a contextualização desse conhecimento possibilite aos alunos o estudo de um conteúdo que traz questões bem diferentes daquelas formuladas pelo senso comum. Silveira e Peduzzi (2006) relatam três episódios da descoberta científica: a física de Galileu, a teoria da relatividade restrita e o modelo atômico de Bohr a fim de examinar o papel da experimentação na gênese de conhecimentos. Eles defendem a inserção da filosofia da ciência contemporânea para um melhor entendimento da ciência e dos processos de construção do conhecimento científico.

Caballero (2011) e Martins (2005) abordam a TRR por meio da História da Ciência. Gödel (2006), Dahmen (2006a) e Dahmen (2006b) relacionam a TRR com a Filosofia da Ciência. Köhnlein e Peduzzi (2005) discutem a Natureza da Ciência a partir do estudo da Mecânica Clássica e da Teoria da Relatividade Restrita, apresentando módulos como um recurso didático para trabalhar esses temas.

Urias e Assis (2012) analisam e comparam duas biografias do físico Albert Einstein. Assim como Moreira (2005), Fiolhais (2005) e Renn (2005) relatam um pouco da história de Einstein. Porto e Porto (2008) apresentam uma exposição conceitual das ideias de espaço e tempo desde a mecânica newtoniana até a teoria da relatividade de Einstein. Esses artigos se relacionam melhor a formas de Divulgação Científica.

Carvalho (2006) aborda a física e a astronomia por meio do teatro e da dança. Os autores apresentam uma maneira bem lúdica de tratar temas da Física, e o professor pode se inspirar para produzir seu próprio material após a leitura desse artigo.

Einstein (2005a), Einstein (2005b), Barros et al (2005), Belich et al (2007), Falciano e Fauth et al (2007) são artigos que abordam a Física envolvida na TRR.

Esses artigos não foram escritos com a finalidade de dar um subsídio direto ao professor da Escola Básica, mas nos parece que a leitura deles pode contribuir para a construção de práticas pedagógicas que auxiliem a abordagem de temas de TRR no EM.

## Conclusão

A inserção de temas de FMC no EM está caminhando para um consenso na área de Pesquisa em Ensino de Física. No Estado do Rio de Janeiro, foi implantado um novo Currículo Mínimo de Física em janeiro de 2012 que aborda temas de FMC nas três séries do EM. Após um ano dessa implantação, temos o relato de um professor que encontrou dificuldade em trabalhar a TRR no EM. A partir daí, nos questionamos quanto ao material disponível acerca desse tema.

A partir da pesquisa bibliográfica pode-se concluir que o professor encontra um maior número de artigos que apresentam discussões sobre o tema TRR do que artigos que apresentem e avaliem propostas pedagógicas. Assim, o professor encontra nos periódicos mais subsídios para estudar o tema do que ideias de como trabalhá-lo em sala de aula. Dessa forma, há uma carência de artigos que contribuam de forma mais concreta para que TRR esteja presente sala de aula. Somente 09 trabalhos dos 35 encontrados trazem material de apoio de forma explícita ao professor. Outro ponto indicado por essa investigação é que a pesquisa em ensino aponta diferentes caminhos para que a TRR esteja presente nas aulas do EM. Dos caminhos propostos destacam-se: a inserção de TRR através de uma abordagem histórica-filosófica e o trabalho de TRR em sala de aula a partir de textos de divulgação científica.

Considerando que o desenvolvimento e a avaliação de propostas pedagógicas a partir dos pressupostos da pesquisa em ensino é algo importante para se estabelecer mudanças curriculares, como a requisitada pela inserção de temas de FMC no EM, ressaltamos a necessidade de mais trabalhos que apresentem, avaliem e, portanto, discutam caminhos concretos de inserção da TRR na sala de aula.

## Referências

- ANDRADE, Rodrigo; NASCIMENTO, Robson; GERMANO, Marcelo. Influências da Física Moderna na obra de Salvador Dalí. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 3, 2007.
- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*, Lisboa, Edições 70, 2008.
- BARROS, A.; MONTE, E. M.; ARAÚJO, I. G.; OLIVEIRA, J. C. T.; VIEIRA, Sumaia. Sobre a contração de Lorentz - Fitzgerald. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 27, n.4, 2005.
- BELICH, H.; COSTA-SOARES, T.; SANTOS, M. A.; ORLANDO, M. T. D. Violação da simetria de Lorentz. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 1, 2007.
- CABALLERO, José. La duda creativa y las revoluciones científicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 3, 2011.
- CARUSO, Francisco; FREITAS, Nilton. Física Moderna no Ensino Médio: o Espaço-Tempo de Einstein em tirinhas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 2, 2009.
- CARVAHO, Sílvia. Uma Viagem pela Física e Astronomia através do Teatro e da Dança. *Física na Escola*, v. 7, n. 1, 2006.
- CAVALCANTI, Cláudio; OSTERMANN, Fernanda. Deformações geométricas e velocidade superluminal aparentes em objetos em movimento relativístico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, 2007.
- CUNHA, Andre; GOMES, Gerson. Física Moderna no Ensino Médio e sua necessidade de sincronização conceitual. *Física na Escola*, v. 13, n. 1, 2012.
- DAHMEN, Sílvia. Gödel e Einstein: E quando o tempo não resiste à amizade? *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 4, 2006a.
- DAHMEN, Sílvia. Einstein e a Filosofia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, 2006b.
- DOMINGUINI, Lucas. 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.

- EINSTEIN, A. Física e realidade. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n.1, 2006.
- EINSTEIN, A. Sobre o desenvolvimento das nossas concepções sobre a natureza e a constituição da radiação. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n.1, 2005a.
- EINSTEIN, A. Sobre o princípio da relatividade e suas implicações. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 1, 2005b.
- FALCIANO, F. T. Cinemática relativística: paradoxo dos gêmeos. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, 2007.
- FAUTH, A. C.; PENNEREIRO, J. C.; KEMP, E.; GRIZOLLI, W. C.; CONSALTER, D. M.; GONZALEZ, L. F. G. Demonstração experimental da dilatação do tempo e da contração do espaço dos múons da radiação cósmica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, 2007.
- FIOLHAIS, Carlos. Einstein e o Prazer da Física: Passados Cem Anos, a Física Continua Divertida. Física na Escola, v. 6, n. 1, 2005.
- GÖDEL, Kurt. Uma nota acerca das relações entre a Teoria da Relatividade e a Filosofia idealista. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, 2006.
- GOMES, Tiago; GIORGI, Cristiano; RABONI, Paulo. Física e pintura: dimensões de uma relação e suas potencialidades no ensino de física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, 2011.
- GUERRA, Andreia; REIS, José; BRAGA, Marco. Tempo, Espaço e Simultaneidade: Uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, n. 3, 2010.
- GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco; REIS, José. 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.
- KARAM, Ricardo; CRUZ, Sonia; COIMBRA, Débora. Relatividades no Ensino Médio: o debate em sala de aula. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, 2007.
- KARAM, Ricardo; CRUZ, Sonia; COIMBRA, Débora. Tempo relativístico no início do Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 3, 2006.
- KÖHNLEIN, Janete; PEDUZZI, Luiz. Uma discussão sobre a natureza da ciência no Ensino Médio: Um exemplo com a Teoria da Relatividade Restrita. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.22, n.1, 2005.
- LUTZ, Lolita; BARCELOS, Marcília; GUERRA, Andreia. Mudança Curricular no Estado do Rio de Janeiro e a Física Moderna e Contemporânea. 2012. Trabalho apresentado no XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Maresias, 2012.
- MACHADO, D. I.; NARDI, R.; Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hiperfísica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, 2006.
- MARQUES, Adilio; SILVA, Cláudio. Utilização da Olimpíada Brasileira de Astronomia como Introdução à Física Moderna no Ensino Médio. Física na Escola, v. 6, n. 2, 2005.
- MARTINS, Roberto. A dinâmica relativística antes de Einstein. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 1, 2005.
- MONTEIRO, Ricardo. A Física Moderna e Contemporânea e o Currículo: Análise de uma Postura Docente. Petrópolis, 2012.
- MOREIRA, Ildeu. 1905 Um ano miraculoso. Física na Escola, v. 6, n. 1, 2005.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". Investigações em Ensino de Ciências, v.5, n.1, 2000.
- PEDUZZI, Luiz; TENFEN, Danielle; CORDEIRO, Marinês. Aspectos da natureza da Ciência em animações potencialmente significativas sobre a História da Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. Especial 2, 2012.
- PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M. Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 2008.
- RENN, Jürgen. A Física clássica de cabeça para baixo: Como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 1, 2005.
- RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Educação. Currículo Mínimo 2012 - Física. Rio de Janeiro: SEEDUC, 2012.
- SANTOS, Ricardo. Relatividade Restrita com o auxílio de diagramas. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.23, n.2, 2006.
- SILVEIRA, Fernando; PEDUZZI, Luiz. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.23, n.1, 2006.
- URIAS, Guilherme; ASSIS, Alice. Análise de biografias de Einstein em dois livros de divulgação científica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. 2, 2012.
- ZANOTTA, Daniel; CAPPELLETTO, Eliane; MATSUOKA, Marcelo. O GPS: unindo ciência e tecnologia em aulas de física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 2, 2011.