

# Teorias da didática da matemática e o ensino de física<sup>1</sup>

---

CINTIA AP. BENTO DOS SANTOS<sup>2</sup>

EDDA CURI<sup>3</sup>

## Resumo

*Este artigo pretende apresentar nossa pesquisa de Doutorado, pesquisa esta que teve por objetivo investigar as potencialidades e as limitações que o domínio de conhecimentos matemáticos, aliado a transformabilidade dos registros de representação semiótica gera para a aprendizagem de Física. A coleta de dados obedeceu a um método misto, em uma primeira etapa quantitativa elaboramos o panorama da formação de professores que ensinam Física no Ensino Médio no Brasil e uma segunda etapa da pesquisa qualitativa para análise da pesquisa de campo. Os resultados revelam dificuldades de mobilização de conteúdos matemáticos na resolução de tarefas de Física e que grande parcela dos professores que ministram a disciplina de Física no Ensino Médio não tem formação adequada para tal.*

**Palavras-chave:** didática da matemática; ensino de física; mobilização de conhecimentos matemáticos.

## Abstract

*This article aims to present our research PhD, this research aimed to investigate the potential and limitations that the domain of mathematical knowledge, combined with transformability of semiotic registers of representation leads to the learning physics. Data collection followed a mixed method, the first step in a quantitative picture of the elaborate training of teachers who teach physics in high school in Brazil and a second stage of qualitative research for analyze of field research. The results reveal difficulties in mobilizing mathematical content to solve physical tasks and a large proportion of teachers who teach the discipline of physics in high school does not have adequate training to do so.*

**Keywords:** didactics of mathematics, physics education, mobilization of mathematical knowledge.

## Apresentação e justificativa da pesquisa

Este artigo tem por objetivo apresentar nossa pesquisa desenvolvida para elaboração de tese de doutorado no âmbito do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Cruzeiro do Sul. Maiores detalhes sobre esta pesquisa podem ser verificados em Santos (2010).

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no IV Encontro de Produção Discente em Educação Matemática, realizado em 29 de outubro de 2011.

<sup>2</sup> Universidade Cruzeiro do Sul – [cintia.santos@cruzeirosul.edu.br](mailto:cintia.santos@cruzeirosul.edu.br)

<sup>3</sup> Universidade Cruzeiro do Sul – [edda.curi@cruzeirosul.edu.br](mailto:edda.curi@cruzeirosul.edu.br)

Esta pesquisa nasceu de questionamentos e reflexões oriundas de nossa própria prática docente sobre a seguinte pergunta: “Por que a Física se configura, para os alunos, como uma disciplina de grande dificuldade, em que os conhecimentos aprendidos nas aulas de Matemática parecem não fazer conexão para a resolução de tarefas, quando solicitados?”.

Esta problemática pode ser exemplificada com uma situação muito comum, por exemplo, no primeiro ano do Ensino Médio, quando se trabalha na disciplina de Matemática e, ao mesmo tempo, na disciplina de Física, com as noções de funções polinomiais de 1º grau, é necessário introduzir gráficos do movimento uniforme e as funções horárias de velocidade e espaço, utiliza-se o mesmo objeto matemático (função polinomial de 1º grau), porém os alunos parecem não reconhecer os saberes aprendidos nas aulas de Matemática nem ter internalizados e disponíveis esses conhecimentos, para que sejam utilizados nas tarefas de Física.

Esta pesquisa visa abrir uma reflexão sobre o tema e estabelecer pontos que possam ser úteis para professores em sala de aula observarem como funcionam as mobilizações de conteúdos matemáticos aprendidos por alunos, quando se tem a necessidade de utilizá-los em outras disciplinas; neste caso, a Física. Por ser uma investigação útil aos professores, fizemos nossa pesquisa com futuros professores de Matemática.

Poderíamos ter realizado tal pesquisa em cursos de Licenciatura em Física; e por que não o fizemos? Primeiramente porque hoje, pelo menos na rede estadual de ensino de São Paulo, temos uma significativa parcela de professores que ministram a disciplina de Física com formação específica nos cursos de Licenciatura em Matemática. Este fato, que nos parece preocupante, ganha, nesta pesquisa, atenção especial, a fim de evidenciar uma formação não adequada desses docentes. Consideramos, inclusive, que as Diretrizes Curriculares que norteiam os cursos de Licenciatura em Matemática preveem, na estrutura curricular dos cursos, que os licenciados em Matemática sejam capazes de compreender a Matemática de forma que esta realize suas interfaces com áreas afins. Levamos em conta também que, historicamente, a Matemática articula-se com a Física e que a conceitualização em tarefas de Física se faz por meio da Matemática.

Pelos motivos apresentados, esta pesquisa tem embasamento em teorias da Didática da Matemática, que se vislumbra que possam trazer contribuições para o ensino de Física, uma vez que “um meio sem intenções didáticas é incapaz de introduzir o aluno a

adquirir todos os conhecimentos culturais que se espera que obtenha” (BROUSSEAU, 2008, p. 34). Considerando a afirmação de Brousseau (2008), fica claro que um trabalho docente que considere aspectos didáticos torna-se mais eficaz, pois possibilita ao aluno a utilização, em situações não intencionais, do saber aprendido. A apresentação de conteúdos de forma compartimentada, sem relação entre eles, impossibilita a mobilização de conhecimentos por parte dos educandos e faz com que estes não reconheçam o mesmo objeto matemático, quando apresentado de formas distintas e em situações diferentes.

Como nosso trabalho se pauta em discutir a relevância da Didática da Matemática no ensino de Física, consideramos importante citar que adotamos este conceito com base na definição dada a ele por Régine Douady (1985) na *Encyclopédie Universalis*, em que a autora define que a Didática da Matemática se propõe a estudar os processos de transmissão e aquisição dos diferentes conteúdos relativos a esta ciência, em particular nas situações escolar e universitária, com os objetivos de descrever e explicar os fenômenos relativos às relações entre seu ensino e sua aprendizagem. Ela não se limita a pesquisar uma boa maneira de ensinar uma determinada noção particular. Assim, não se devem buscar modelos de aprendizagem e, sim, modos mais adequados de ensinar, em que propostas pedagógicas ou até mesmo elaboração de sequências didáticas possam ser pensadas com base nas dificuldades dos alunos e com vista ao que se deseja alcançar com aquele determinado grupo de alunos. As teorias da Didática da Matemática podem ser úteis, quando as barreiras que impedem a aprendizagem dos alunos em relação a determinados conteúdos parecem intransponíveis.

## **1. Problemática de pesquisa e metodologia**

Existe um amplo campo de discussões envolve os problemas de articulação dos conteúdos matemáticos na disciplina de Física, bem como as questões de sucesso ou insucesso do aluno nesta disciplina. Para delimitar nossa pesquisa, ativemo-nos à análise de uma proposta de ensino desenvolvida com os alunos do Ensino Superior, matriculados no curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Cruzeiro do Sul. Esta investigação teve por objetivo responder a questão central: Quais potencialidades e limitações o domínio de conhecimentos matemáticos gera para a aprendizagem da Física no Ensino Superior?. Tal problemática foi discutida à luz do referencial teórico

da didática francesa, marcado particularmente pela teoria desenvolvida por Duval (2009, 2003, 1993), Douady (1984) e Robert (1998).

Para responder à questão central de pesquisa, optamos por organizar este trabalho com base em um método misto de pesquisa. Segundo Creswell (2007), o método misto representa coletar e analisar tanto dados quantitativos como qualitativos em um único estudo. O método misto foi por nós utilizado por ser relevante, em nossa pesquisa, a convergência de dados coletados: em se tratando dos cursos que formam professores de Física, são apresentados por meio de uma análise quantitativa, enquanto as demais análises deste trabalho se fizeram de forma qualitativa. Dessa forma, ambos os métodos, quantitativo e qualitativo, que constituem o método misto, contribuíram para responder à questão de pesquisa formulada. A possibilidade de triangulação de dados coletados e a abordagem teórica presentes neste método ajudaram-nos a evidenciar questões que ficariam perdidas sem este tipo de abordagem.

Além da revisão bibliográfica referente a parte teórica, realizamos um mapeamento com base nos dados do Mec/Inep de 27 cursos de licenciatura em Matemática e Física no Brasil, em relação ao número de vagas, ingressos e egressos e também análise de grades curriculares e ementas das disciplinas da área de Física presentes nos cursos de licenciatura em Matemática dos cursos mapeados.

Nossa pesquisa de campo foi desenvolvida com alunos de um curso de Licenciatura em Matemática de semestres diversos e nossos instrumentos foram elaborados embasados em nosso referencial teórico.

## **2. Fundamentação teórica**

Conforme mencionamos anteriormente nossa fundamentação teórica se apoiou no referencial teórico da Didática Francesa, referencial teórico este que serviu como base para a elaboração de nossos instrumentos de pesquisa e para a triangulação da análise destes após a pesquisa de campo. Nosso referencial teórico constitui-se da abordagem teórica da pesquisadora francesa Aline Robert (1998) sobre os níveis de conhecimento esperados dos educandos e da teoria de Raymond Duval (1993, 2003, 2009) sobre os registros de representação semiótica.

Robert (1998) classifica os níveis esperados de funcionamento do conhecimento dos educandos em: técnico, mobilizável e disponível. Ao tratar destes três níveis, a

pesquisadora atribui o grau de mobilização de conteúdos à utilização das representações semióticas e das mudanças de quadro.

Cabe ressaltar que os estudos de Duval (1993, 2003, 2009) foram desenvolvidos em relação à Matemática, porém autores como Flores e Moretti (2008) estenderam-nos para outras disciplinas científicas, como a Física. Devido à diversidade de registros de representação necessários para resolução de uma determinada tarefa, a utilização das representações semióticas é importante, pois Duval (1993) considera que elas são processos mentais que exigem sua elaboração antes mesmo da materialização de uma escrita formal que esteja relacionada à resolução de um problema.

Neste aspecto, é importante mencionar que o paradoxo fundamental da teoria de Duval (1993) diz que as representações semióticas são importantes dentro da Matemática, uma vez que esta se constitui em um domínio em que só é possível comunicar seus conceitos a alguém por meio das representações, sendo estas uma forma de tornar algo acessível a outra pessoa. Porém consideramos que, a partir do momento que se faz necessário conceituar uma determinada noção da Física, as representações também ocupam o papel de deixar acessíveis os objetos matemáticos que precisam ser usados para resolver determinada tarefa. Entendemos, inclusive, que um aluno possa compreender perfeitamente, por exemplo, que um corpo apoiado em um plano inclinado se encontre na iminência de movimento e que, para esse corpo entrar em movimento, diversos fatores podem contribuir, como a inclinação do plano ou ainda as forças que agem sobre o corpo; mas, para que o aluno calcule cada força que age neste corpo, ele precisa, necessariamente, utilizar-se das representações.

Abordamos também as teorias de Régine Douady (1984, 1986) sobre a dialética ferramenta-objeto e o jogo de quadros, uma vez que são conceitos fundamentais para o melhor entendimento de como se comportam e se diferenciam os níveis de conhecimento e suas respectivas mobilizações, pois, em exercícios de Física, é muito comum que um conceito matemático funcione como ferramenta (quando se trata, por exemplo, de uma aplicação imediata de fórmula) ou que, outras vezes, adquira estatuto de objeto, quando se trata de um conceito mais amplo e elaborado, que pode demorar anos para ser construído.

Tanto Duval (1993, 2003, 2009) como Douady (1986, 1992) e Robert (1998) utilizam abordagens teóricas que levam em consideração aspectos cognitivos, e estes nos

parecem motivos razoáveis não para comparar tais abordagens, mas, sim, para utilizá-las na medida em que podem complementar-se, em se tratando de um trabalho voltado para os aspectos didáticos de uma disciplina.

### **3. Os cursos de formação de professores que ensinam Física**

O mapeamento que realizamos em relação aos cursos de Licenciatura em Matemática e Física no Brasil buscaram evidenciar o panorama da formação dos professores que ministram a disciplina de Física no Ensino Médio e também realizar uma análise comparativa entre os cursos de licenciatura em Física e Matemática no Brasil.

Com base na análise dos dados coletados pelo MEC/Inep observamos que uma significativa parcela de professores que atualmente ministram a disciplina de Física não tem sua formação específica nesta área e, sim, em Matemática, o que nos leva a crer que grande parcela dos professores que ministram esta disciplina não tem formação adequada para esse trabalho. A fim de evidenciar esse quadro, realizamos a análise de 27 instituições de ensino superior distribuídas pelo Brasil — suas ementas e a carga horária reservada à disciplina de Física nos cursos de Licenciatura em Matemática.

Com isso, constatamos que a disciplina de Física apresenta uma carga horária bastante reduzida e que a Matemática e a Física continuam a ser trabalhadas de forma desarticulada, não permitindo aos futuros professores compreender suas interfaces ou articulações. Devido a uma carga horária reduzida, os conteúdos de Física são apresentados de forma fragmentada, tendo seu foco na Mecânica. Ao que tudo indica, as ementas são elaboradas com base na retomada de alguns conteúdos de Física aprendidos no Ensino Médio, sem maiores aprofundamentos e sem criar relações com áreas afins. Assim, o problema parece ser bem maior, uma vez que, como resposta a esta questão norteadora de pesquisa, encontramos dados preocupantes sobre a forma como tem sido ensinada a disciplina de Física na fase de escolarização do Ensino Médio, uma vez que a formação dos professores não tem sido adequada para esta finalidade e que a formação dos professores de Matemática deve prepará-los para ministrar a disciplina de Matemática e não de Física. Contudo, é preciso considerar que historicamente estas duas disciplinas têm um papel articulado e isso não tem sido levado em consideração nem na Educação Básica, nem no Ensino Superior.

#### **4. Sobre a pesquisa de campo e os resultados encontrados**

O contexto da pesquisa de campo se desenvolveu na forma de um curso intitulado “Didática e Metodologia do Ensino de Física e Matemática” que foi oferecido a alunos de semestres distintos do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Cruzeiro do Sul. Iniciamos o curso com um efetivo de 15 alunos. Este curso foi organizado em oito encontros no sistema pré-aula e posteriormente se estendeu por mais dois encontros a pedido dos alunos, para que pudessem discutir ainda dúvidas que haviam ficado pendentes. Durante a formação foram intercaladas abordagens teóricas da Didática da Matemática de forma articulada com o Ensino de Física e os instrumentos de pesquisa.

Foram propostos cinco instrumentos de pesquisa que foram elaborados com a estrutura e objetivos descritos na sequência.

O instrumento 1 intitulado “Questionário para identificar perfil”, teve por objetivo traçar um perfil dos estudantes enquanto alunos do Ensino Médio, observar sua relação com a disciplina de Física no curso de Licenciatura em Matemática e levantar aspectos relacionados à opinião deles sobre a importância da abordagem didática da disciplina de Física na formação de futuros professores.

O instrumento 2 intitulado “Mapeamento dos conhecimentos dos conteúdos de Física aprendidos no Ensino Médio”, teve por objetivo verificar quais os conhecimentos declarados pelos alunos em relação ao rol de conteúdos propostos para serem ministrados no Ensino Médio e determinar seu aprofundamento sobre cada tema.

O instrumento 3 intitulado “Análise das tarefas quanto às dificuldades dos alunos dos diferentes registros de representação”, teve por objetivo identificar as principais dificuldades encontradas pelos alunos ao trabalharem as transformações de tratamento e conversão presentes nas tarefas propostas.

O instrumento 4 intitulado “Análise de tarefas em relação aos níveis de dificuldade quanto à resolução”, teve por objetivo verificar como os alunos relevam sua percepção em relação a tarefas que apresentam os níveis técnico, mobilizável e disponível.

O instrumento 5 intitulado “Autoavaliação”, teve por objetivo convidar os alunos a escrever livremente sobre o que sabiam a respeito do ensino de Física e o que aprenderam com o curso.

Com base na análise de nossos instrumentos de pesquisa notamos que em relação ao perfil dos alunos a maioria deles fez o Ensino Médio em escolas públicas e que a escolha pelo curso de Licenciatura em Matemática decorre da afinidade com a Matemática ou de aptidão para ser professor. Os alunos revelaram perceber a importância da formação inicial e continuada, mas consideram a Física uma disciplina independente da Matemática.

Em relação ao mapeamento dos conhecimentos dos conteúdos de Física aprendidos no Ensino Médio ficou evidente que poucos temas de Física abordados no Ensino Médio e que a abordagem se deu de forma mecanizada por meio de fórmulas. Indicando que as disciplinas de Matemática e Física foram desenvolvidas de forma fragmentada, não permitindo aos alunos estabelecer relações entre essas duas disciplinas. Os alunos em sua maioria identificaram como conteúdos de Física estudados durante o Ensino Médio os temas da Mecânica, mais propriamente da Cinemática.

Nosso terceiro instrumento de pesquisa nos ajudou a verificar que as tarefas que exigem a transformação de conversão apresentaram mais dificuldades do que tarefas que apresentam uma transformação de tratamento para os alunos, ou seja, ocorre a dificuldade de reconhecer o mesmo objeto matemático em representações distintas.

Já o quarto instrumento revelou que os alunos apresentam maior êxito nas tarefas de nível técnico e mobilizável, apresentando dificuldades na identificação de conteúdos a serem usados na resolução nas tarefas de nível disponível, ou seja, os alunos possuem dificuldades em mobilizar conteúdos matemáticos em situações em que a noção em jogo não é explícita.

Em relação ao instrumento de autoavaliação ficou evidente que os alunos fizeram poucas articulações entre o que já aprenderam e o que haviam aprendido no curso. Revelaram poucos conhecimentos de conteúdos relativos à disciplina de Física adquiridos durante o Ensino Médio e demonstraram claramente perceber a importância do conhecimento didático para a formação do professor. Reconheceram que é preciso levar em conta suas próprias dificuldades e não somente as dificuldades dos alunos. Declararam também sentir falta de disciplinas com este caráter, mesmo que optativas, dentro da grade curricular da Licenciatura em Matemática.

## **Algumas considerações**

Ao final de nossa pesquisa pudemos constatar que nosso referencial teórico abordado trouxe à tona uma visão mais clara da problemática que envolve a resolução de tarefas de Física. Sabemos que o ensino de Física difere do de Matemática pelo fato de um aluno poder compreender um determinado conceito sem fazer uso de notações matemáticas, porém institucionalmente é cobrado que, em Física, os alunos resolvam problemas; e aqui se configura a necessidade de representações matemáticas, mobilizações de conhecimentos e mudanças de quadro. O que pudemos constatar é que a resolução de tarefas de Física exige a utilização de uma diversidade de registros de representação semiótica e que, muitas vezes, o objeto matemático a ser trabalhado não é reconhecido pelos alunos em uma determinada representação; ou, ainda, a noção em jogo pode não ser explícita, o que dificulta a mobilização de conhecimentos pelos educandos. Consideramos também que a resolução de tarefas na disciplina de Física exige um trabalho voltado para um conhecimento disponível, porém as noções matemáticas envolvidas, ao serem trabalhadas apenas em um nível técnico ou, em pequena escala, em um nível mobilizável, não permitem as articulações e as mobilizações necessárias.

Dessa forma as contribuições das Teorias da Didática da Matemática são importantes, em se tratando da aquisição de conhecimentos, e também como um referencial para o professor, em relação às dificuldades a serem enfrentadas pelos alunos na resolução de tarefas, quando se trata de reconhecer objetos matemáticos e escolher a melhor representação a ser utilizada.

Com base na análise dos cursos de formação de professores que ensinam Física encontramos dados alarmantes: no Brasil existe atualmente um número bastante pequeno de professores formados na disciplina específica de Física e, segundo os dados levantados, o número de formados nesta disciplina que atuam no sistema brasileiro de ensino não é suficiente para atender à demanda de professores para disciplina de Física.

Os dados do MEC/Inep analisados nos possibilitaram uma leitura clara de que uma significativa parcela de professores que atualmente ministram a disciplina de Física no Ensino Médio tem sua formação específica na área de Matemática, o que nos leva a crer que grande parcela dos professores que ministram esta disciplina não tem formação adequada para esse trabalho. Este fato se torna mais preocupante quando ao analisarmos

as ementas das disciplinas relativas a Física presentes nos cursos de Licenciatura em Matemática percebemos que estas possuem uma carga horária reduzida, o que faz com os conteúdos sejam apresentados de forma fragmentada não permitindo ao futuro professor compreender suas articulações e relações com outras disciplinas afim, como no caso, a Matemática.

Por meio da pesquisa de campo, verificamos que os alunos que participaram do curso “Didática e Metodologia do Ensino de Física” apresentaram interesse pela temática, porém seus conhecimentos de Física trazidos do Ensino Médio eram bem pequenos, e os alunos revelaram ter sempre aprendido a Física de uma forma desvinculada do estudo da Matemática, o que os fez sentir dificuldades em reconhecer a inter-relação entre estas duas disciplinas, embora reconhecendo a importância de um trabalho articulado.

Destacamos como aspecto importante deste curso realizado durante a pesquisa de campo o fato de que as teorias da Didática da Matemática trabalhadas com os alunos, os registros de representação semiótica e os níveis de mobilização do conhecimento, levaram os alunos a perceber aspectos relacionados aos conteúdos matemáticos na resolução de tarefas de Física. Pudemos notar que as dificuldades dos alunos se concentram na resolução de tarefas, quando é necessário realizar transformações associadas à conversão; mais propriamente dito, quando se precisa passar do registro gráfico para o registro algébrico, notamos que a mesma conversão, porém no sentido inverso, já não apresenta a mesma dificuldade para os alunos.

Observamos que o nível de mobilização do conhecimento a que está associada uma tarefa colabora muito para o êxito da resolução. Os alunos demonstraram ter mais facilidade em resolver tarefas associadas ao nível técnico, que exige apenas aplicação imediata de fórmulas, e revelaram confundir-se, ao resolver tarefas associadas aos níveis mobilizável e disponível. Assim, pensamos que esta dificuldade se deva ao fato de os conhecimentos dos alunos terem sido feitos de forma fragmentada durante o Ensino Médio, o que gera, no Ensino Superior, o não reconhecimento das noções que estão sendo trabalhadas.

Percebemos, com nossa pesquisa, que as potencialidades que tangem o ensino de Física, quando se considera o domínio matemático, encontram-se centradas na mobilização de conhecimentos e no reconhecimento da diversidade dos registros de representação semiótica. Consideramos também que, para que, de fato, estas potencialidades não se

transformem em limitações, é necessário um trabalho que leve em consideração os níveis de mobilização do conhecimento que se precisa atingir com os educandos. De maneira geral, entendemos que um bom trabalho entre as disciplinas de Matemática e Física pode ser proveniente da forma como se organiza o cenário de ensino, considerando, por um lado, o contexto dos atores envolvidos, seus conhecimentos prévios e sua disposição para a aquisição de novos conhecimentos; e, por outro, as tarefas a serem trabalhadas, que didaticamente devem contemplar a diversidade dos registros de representação e, dessa forma, também os níveis de conhecimento que permitem aos alunos as mobilizações necessárias para fazer a relação, ou seja, a “ponte” entre os conhecimentos novos e aqueles já aprendidos.

## Referências

- BROUSSEAU, G. (2008). *Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino*. Trad. Camila Bogéa. São Paulo: Ática.
- CRESWELL, J. W. (2007). *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. Trad. Luciana de Oliveira da Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed.
- DOUADY, R. (1984). Relación enseñanza–aprendizaje. Dialéctica instrumento – objeto. Juego de marcos. *Cuadernos de Didáctica de las Matemáticas*, IREM de Paris 7, n. 3.
- DOUADY, R. (1985). Didactique des Mathématiques. *Encyclopedia Universalis*, p.885-889.
- DOUADY, R. (1986). Jeux des cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. La Pensée Sauvage, v. 7, n.2, p. 5-31.
- DUVAL, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactiques et de Sciences Cognitives*, v. 5, p. 37-65.
- DUVAL, R. (2003). Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em Matemática. In: MACHADO, S. D. A. (Org.). *Aprendizagem em Matemática: registros de representação semiótica*. Campinas, SP: Papirus, p.11-33.
- DUVAL, R. (2009). *Semiósis e pensamento humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais*. Trad. de Lênio Fernandes Levy e Marisa Rosâni Abreu da Silveira. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- FLORES, C. R.; MORETTI, M. T. (2008). A articulação de registros semióticos para a aprendizagem: analisando a noção de congruência semântica na Matemática e na Física. *Perspectivas da Educação Matemática*. Campo Grande, MS, v. 1, n. 1, p. 25-40.
- ROBERT, A. (1998). Outils d’analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée à l’université. *Recherches en didactique des Mathématiques*, France, v. 18, n. 2, p. 139-190.

SANTOS, C. A. B. (2010). *O ensino da Física na formação do professor de Matemática*. 2010, 189 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática)- Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo.