

A UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA COMO ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO NO ENSINO DE FÍSICA

USE OF MATHEMATICAL MODELING AS ROUTING METHODOLOGY IN TEACHING OF PHYSICS

Michel Corci Batista

Universidade Tecnológica Federal do Paraná/ Departamento de Física, michel@utfpr.edu.br

Polonia Altoé Fusinato

Universidade Estadual de Maringá,
Programa de Pós Graduação em Educação para Ciência e Matemática, altoepoly@gmail.com

Resumo

O ensino de física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos. Este formato de ensino exige do aluno apenas memorização, que ocorre de forma temporária por meio da repetição de problemas parecidos. Este trabalho pretende discutir alguns aspectos da modelagem matemática no ensino-aprendizagem de física no curso de licenciatura plena em Matemática como ferramenta que pode conduzir o aluno a uma aprendizagem dos conteúdos de matemática e física relacionando-os de forma efetiva com situações cotidianas.

Palavras-chave: Experimentação; Modelagem Matemática; Ensino Física.

Abstract

The teaching of Physics has often performed by presenting concepts, laws and formulas, in a disjointed manner, distanced from the world lived by the students. This learning format requires the memorization only student who is temporarily through repetition of similar problems. This paper discusses some aspects of Mathematical Modelling in the teaching of Physics in the course of full degree in Mathematics as a tool that can lead students to a learning of mathematics and physics content relating them effectively with everyday situations.

Keywords: Experimentation; Mathematical Modeling; Physical Education.

Introdução

A Ciência possibilita o entendimento de diversos fenômenos do mundo que nos cerca e para tanto se utiliza de modelos representacionais para caracterizar e dar uma interpretação condizente, além de possibilitar algumas inferências.

Podemos, assim, dizer que a Ciência é uma das formas de conhecimento produzidas pelo homem, no decorrer da história, como tentativa de entender e explicar racionalmente a natureza e os fenômenos que nela acontecem, sem, no entanto ser considerada como verdade absoluta. Nesta tentativa, o homem busca formular leis e teorias que possam explicar o universo que o cerca.

Neste processo, a matemática desempenha um papel fundamental. Esta traduz o fenômeno físico numa linguagem simbólica oferecendo também uma gama de ferramentas lógicas que possibilitam sua análise. Essas representações matemáticas são, na verdade, modelos da realidade que construímos para interpretar, conhecer e agir sobre o fenômeno.

De acordo com Lozada *et al* (2006), os modelos matemáticos exercem um importante papel junto ao desenvolvimento da física pois, toda teoria física expressa-se por meio de modelos matemáticos. No entanto, no ensino de física a relação entre o fenômeno físico e o modelo Matemático são apresentados de forma desarticulada (CAMPOS e ARAUJO, 2009), gerando assim uma dificuldade ou, até mesmo, uma impossibilidade de o aluno relacionar a teoria observada em sala com a realidade a sua volta, comprometendo-se, assim, a percepção do conteúdo pelo insucesso do processo, o qual compreende uma série de analogias e inferências necessárias à abstração das leis científica. Assim, se não é capaz de compreender a teoria, o aluno não reconhece o conhecimento científico em situações cotidianas (SERAFIM, 2001).

Isso ocorre inclusive no ensino de física do ensino superior tornando estas aulas extremamente metódicas induzindo o aluno a decorar fórmulas matemáticas para resolver alguns problemas, sem avaliar seu significado. Entretanto, a experimentação tão sugerida nas pesquisas em ensino Ciências, não deve ser confundida como um conjunto de objetivos e métodos constituindo um protocolo a ser seguido e que conduz a uma resposta pronta.

Uma proposta para novas metodologias consiste em criar novos ambientes de aprendizagem em que a participação do professor seja de orientador das atividades – e não de detentor do conhecimento – e em que os alunos tenham a liberdade de propor, desenvolver, criar, elaborar, modelar as ideias na construção dos conhecimentos, não sendo estes meros receptores de informação.

Nesse sentido, a modelagem matemática tem se mostrado eficiente para atender essas necessidades impostas pela sociedade atual, com visão ampliada para o futuro, proporcionando caminhos “que levam os alunos a despertar maior interesse (pela aula), ampliar o conhecimento e auxiliar na estruturação de sua maneira de pensar e agir” (BASSANEZI, 2002, p.17), além de ser uma estratégia de ensino capaz de redefinir o “papel do professor no momento em que perde o caráter de detentor e transmissor de saber para ser entendido como aquele que está na condução das atividades, numa posição de partícipe” (BARBOSA, 1999, p.73).

Na visão de Bassanezi (2002, p.17), tem-se que:

É necessário buscar estratégias alternativas de ensino-aprendizagem que facilitem sua compreensão e utilização. A Modelagem Matemática, em seus vários aspectos, é um processo que alia a teoria e prática, motiva seu

usuário na procura de entendimento da realidade que o cerca e na busca de meios para agir sobre ela e transformá-la. Nesse sentido, é também um método científico que ajuda a preparar o indivíduo para assumir seu papel de cidadão.

Este trabalho apresenta a utilização da matemática, como uma alternativa pedagógica norteadora, nas aulas de física do ensino superior, objetivando a participação ativa do aluno no processo de ensino-aprendizagem por meio da investigação de situações inclusive de outras áreas do conhecimento. Nesta proposta a atuação do professor como mediador das atividades investigativas inclui essencialmente: lançar ou fazer emergir do grupo uma questão-problema; motivar e observar continuamente as reações dos alunos, dando orientações quando necessário; salientar aspectos que não tenham sido observados pelo grupo e que sejam importantes para o encaminhamento do problema; saber trabalhar com as concepções espontâneas trazidas pelos alunos.

Dessa forma, propõe-se duas possibilidades pedagógicas no ensino de física para uma aprendizagem efetiva pelos alunos – (1) a contextualização do fenômeno a ser estudado; (2) a organização de um ambiente de aprendizagem norteado pela modelagem matemática.

A partir dessa concepção, neste trabalho, apresentamos uma aplicação da modelagem matemática numa aula de física objetivando a construção do conceito científico através da articulação entre experimentação e expressão oral/escrita, a generalização e formalização de conceitos matemáticos envolvidos no experimento.

Modelagem matemática no ensino de física

A modelagem matemática pode assumir abordagens diferentes de acordo com alguns autores. Para Barbosa (2001), trata-se de uma oportunidade de os alunos participarem ativamente (indagando e investigando) de situações por meio da matemática sem procedimentos estabelecidos previamente, com isso a aula não se faz monótona cheia de rituais que sempre se repetem.

Nesta abordagem, a modelagem matemática é considerada como um ambiente de aprendizagem e, seguindo esta concepção e considerando a realidade heterogênea de estudantes numa sala de aula, tem-se que nem todos os alunos irão se envolver com as tarefas propostas pelo professor, logo o ambiente criado pelo docente serve como um convite para a turma, e o envolvimento da mesma acontece na medida em que seu interesse convergir para o convite, ou seja, quando a atividade proposta fizer sentido para eles.

No ensino de física, a modelagem matemática também pode instigar os alunos a investigarem problemas físicos que descrevem situações reais, procurando aproximar o conhecimento ensinado na escola do cotidiano do aluno. No ensino superior esse argumento tem grande relevância, pois o ambiente de aprendizagem estabelecido entre o aluno e o professor favorece as relações interpessoais entre ambos que propicia a participação dos alunos nas atividades propostas pelo docente, fator importante visto que o aprendizado começa a partir do momento que o aluno se envolve.

A modelagem matemática nas aulas de física dos estudantes do curso de licenciatura em matemática, neste trabalho, foi assumida como um ambiente de aprendizagem, diferente do tradicional, oportunizando ao professor utilizar-se de recursos didáticos de tal maneira que os alunos se sintam participantes do processo, indagando e investigando e não simplesmente memorizando.

Segundo Bassanezi (2002), a modelagem matemática pode ser entendida como a arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos. Diversos autores, como Barbosa (2001), Bassanezi (2002), Borba, Meneghetti e Hermeni (1997), Skovsmose (2000), apontam inúmeros argumentos para a utilização da modelagem matemática como estratégia para promover a interdisciplinaridade, oportunizar a construção de conceitos matemáticos e despertar a consciência crítica acerca da realidade.

Na física, alguns trabalhos utilizam o termo modelagem na identificação de uma metodologia de ensino. No entanto é importante ressaltar que muitos trabalhos em física, quando abordam o termo modelagem, não o usam no sentido de metodologia de ensino, mas sim como uma metodologia científica de pesquisa em física aplicada ou pura (WOLFF e SERRANO, 2011).

As publicações referentes às atividades experimentais no ensino de física, dão pouca ênfase à modelagem matemática como uma ferramenta que oferece uma gama de possibilidades para o ensino-aprendizagem, embora existam muitos trabalhos que se valem desta ferramenta. Os resultados de pesquisas que relacionam a modelagem matemática como estratégia de ensino para física em sua maioria se utiliza da modelagem computacional, do uso de softwares, como é o caso dos estudos realizados por Veit e Teodoro (2002), Gomes e Ferracioli (2006), Araujo, Veit e Moreira (2004), em todas essas pesquisas buscou-se utilizar o computador como recurso didático e a modelagem matemática como estratégia de ensino, a fim de que ao final do processo o aluno tivesse condições de interpretar situações físicas por meio de dados e gráficos.

Nesse sentido a utilização da modelagem matemática no ensino de física favorece a desmistificação de que essa é uma disciplina difícil onde se devem decorar fórmulas para serem utilizadas em problemas nos quais é possível extrair os dados necessários, sem a menor preocupação quanto à sua compreensão. Aqui se espera que essas tais “fórmulas” passem a ter um significado para o aluno na medida em que estas são construídas por meio de relações e significados advindos do experimento realizado e/ou das discussões subsequentes.

A importância desta ferramenta no ensino de física vai além da simples aplicação da matemática em situações do cotidiano, ela oferece, tanto ao professor quanto ao aluno, inúmeras possibilidades para interpretação do evento e os possíveis mecanismos de ação com suas respectivas consequências.

A promoção de um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a participar (BARBOSA, 2004), privilegia uma das características mais importantes numa atividade de modelagem matemática no ensino, que é a participação efetiva do aluno no processo de ensino-aprendizagem, por meio de contribuições que direta ou indiretamente influenciam no encaminhamento da atividade, tornando-o corresponsável pelos

resultados, uma vez que é oportunizada a construção de várias representações de um mesmo acontecimento na busca da compreensão do fenômeno.

Metodologia da pesquisa

Neste trabalho a forma como abordamos os dados foi descrita pela pesquisa qualitativa, na abordagem de que há uma inter-relação entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números, apenas a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são consideradas nesse processo, o mesmo não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas.

O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. O processo e seu significado são os focos principais nesse tipo de abordagem.

Para Oliveira (2002, p. 117):

As pesquisas que utilizam da abordagem qualitativa possuem a facilidade de poder descrever a complexidade de uma determinada hipótese ou problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos experimentados por grupos sociais, apresentar contribuições no processo de mudança, criação ou formação de opiniões de determinado grupo e permitir, em maior grau de profundidade, a interpretação das particularidades dos comportamentos ou atitudes dos indivíduos.

O procedimento metodológico utilizado para coletar e analisar os dados foi do tipo pesquisa-ação, esta por sua vez pode ser definida como uma intervenção em pequena escala no mundo real e um exame muito de perto dos efeitos dessa intervenção (THIOLLENT, 2004). Podemos dizer ainda que em nossos estudos, a pesquisa-ação é situacional, pois está preocupada com o diagnóstico do problema em um determinado contexto específico para tentar resolvê-lo nesse contexto.

Descrição da atividade

Neste trabalho utilizamos alguns princípios da pesquisa qualitativa como referencial teórico para o planejamento e análise das atividades, principalmente no que se refere às questões da refletividade dos envolvidos na pesquisa uma vez que os resultados obtidos estão diretamente relacionados com as subjetividades e as ações do pesquisador e os estudantes.

Tendo em vista que a instituição de ensino, que serviu de campo de pesquisa para o presente trabalho, tem um perfil educacional tradicional, optou-se por esta metodologia de ensino nas aulas de física objetivando promover maior interesse e participação dos alunos além de fazer uso do laboratório de física como um ambiente gerador de indagações e respostas.

Nessa proposta o laboratório de física não foi utilizado de maneira formal, na qual os alunos possuem um roteiro e que ao final dele já se sabe o que concluir. Utilizou-se aqui o espaço físico e o aparato experimental contido no mesmo, no entanto o encaminhamento seguido pelos alunos foi diferente do tradicional. Nessa proposta os alunos tiveram que investigar como se dá o processo de montagem de um sistema com polias móveis e principalmente qual a função das polias móveis no sistema.

Para isso o professor solicitou que a turma do terceiro ano do curso de licenciatura em matemática de uma Universidade Pública do noroeste do Paraná se dividisse por afinidade em grupos de três alunos para desenvolverem um trabalho prático. A turma composta por quinze alunos, dois homens e treze mulheres todos entre 19 e 22 anos, foi dividida em cinco grupos, onde cada grupo ficou responsável por um experimento diferente. Cada equipe foi orientada pelo professor da disciplina em um horário específico para atendimento.

A proposta foi que eles construíssem o experimento do início ao fim vivenciando assim todas as etapas de uma atividade experimental. Após essa etapa concluída os grupos tiveram que testar suas atividades e entender fisicamente como elas funcionavam, pois deveriam apresentar para o restante da turma. Cada equipe ficou responsável por uma atividade diferente e foi orientada durante toda a atividade seguindo abordagens metodológicas diferentes, por isso nesse trabalho apresentamos apenas a atividade que se utilizou dos pressupostos da modelagem matemática no ensino, buscando a efetiva participação do aluno no processo de ensino-aprendizagem.

Esse grupo ficou incumbido de construir um sistema de polias do tipo talha exponencial, nomenclatura utilizada nos livros de física básica, mas antes do pedido de construção do experimento o professor lançou uma pergunta para os alunos do grupo: *Por que em um determinado aparelho de musculação encontrado nas academias o aluno-atleta hora faz muita "força" para levantar um certo "peso" e hora faz pouca "força" para levantar a mesma quantidade de "peso", apenas mudando a barra de posição?*

Diante desse contexto, o professor responsável pela turma propôs que os alunos visitassem uma academia e verificassem o funcionamento do aparelho de musculação já descrito e se possível, conversassem com alguns instrutores para tentar entender melhor a dinâmica desse aparelho.

No retorno dessa primeira atividade os alunos relataram que os instrutores não sabiam como o aparelho funcionava: *[...] os instrutores sabiam que era porque tinha muitas polias, mas não sabiam ao certo como elas influenciavam.*

Essa atividade conduziu os estudantes a diversos questionamentos relacionados ao tema polias e roldanas, dentre eles podemos citar: *eu aprendi a minha vida toda que quanto mais polias tivessem no sistema menos força eu faria, e no caso da academia não mudamos a quantidade de polias mas mudou a força, fiquei confusa.* Podemos inferir que esta atividade inicial foi uma atividade potencial, visto que gerou um certo conflito para a aluna e a fez ficar interessada em entender como se dava o funcionamento de tal aparelho e de acordo com Schön (1992, p.85) "é impossível aprender sem ficar confuso".

Estes questionamentos motivaram a utilização da modelagem matemática como estratégia norteadora para a condução do processo de construção de diversos conceitos

relacionados ao tema, uma vez que esta discussão promoveu a criação de um ambiente de aprendizagem no qual todos os participantes estavam motivados a participar.

Em seguida o professor propôs que os alunos construíssem o experimento e em seguida encontrassem um modelo que relacionasse a força exercida para levantar um corpo na talha exponencial com o peso do corpo a ser levantado e o número de polias encontradas no experimento.

O primeiro passo da atividade consistiu em selecionar apenas uma polia fixa na extremidade superior do aparato e com o auxílio de um dinamômetro (medidor de força) fixo na extremidade de uma corda (ou fio) medir a força exercida para elevar um corpo de peso P como apresentado na figura 1.

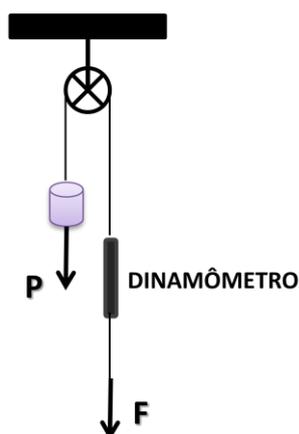


Figura 1: Representação de uma polia fixa

Quando levantaram o corpo registraram que a força marcada no dinamômetro era exatamente o peso do corpo.

Em seguida, o aluno deveria repetir a atividade, mas agora utilizando uma polia fixa e uma polia móvel, conforme a figura 2.

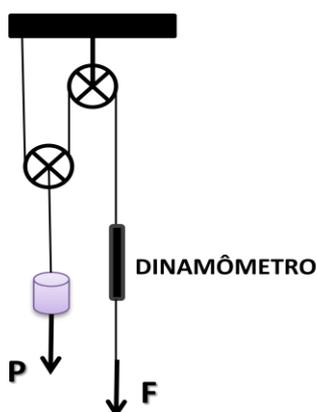


Figura 2: Representação de uma polia fixa e uma polia móvel

Nessa etapa os alunos perceberam que a força F marcada no dinamômetro era a metade do peso do corpo.

Na próxima etapa, o aluno deveria repetir a atividade utilizando uma polia fixa e duas polias móveis, conforme a figura 3.

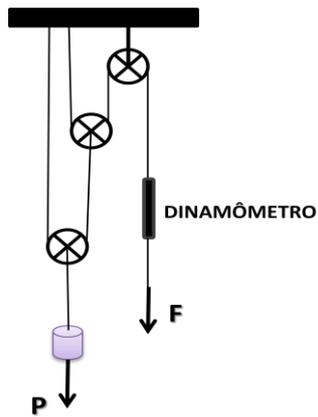


Figura 3: Representação de uma polia fixa e duas polias móveis

Nessa etapa os alunos verificaram que a força **F** marcada no dinamômetro era quatro vezes menor que o peso do corpo.

Nesse momento os alunos perceberam e externalizaram que quanto maior o número de polias móveis utilizadas no experimento menor era a força exercida para elevar o corpo, pois a cada polia móvel inserida a força marcada no dinamômetro para elevar o peso caía sempre pela metade da força anterior assim, concluíram que essa redução tinha a ver com um fator 2. Então sugeri que eles utilizassem uma terceira polia móvel e verificassem o que ocorreria com a força marcada no dinamômetro, como mostrado na figura 4.

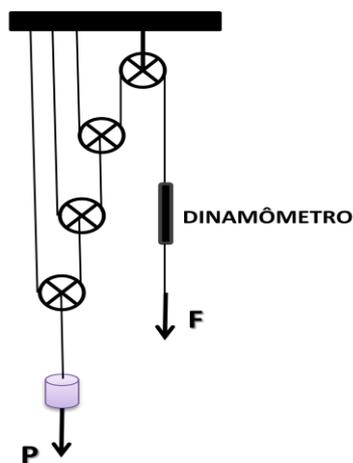


Figura 4: Representação de uma polia fixa e três polias móveis

Como os alunos já haviam previsto o valor do peso do corpo foi novamente dividido por 2, marcando assim o dinamômetro uma força **F** oito vezes menor que o peso do corpo. Os alunos se reuniram no grupo e discutiram os resultados encontrados, investigaram em referenciais teóricos a função de cada polia móvel num sistema de polias e apresentaram um modelo matemático para descrever o fenômeno:

$$F = \frac{P}{2}, \quad \text{eq. 1}$$

onde **F** é a força exercida para elevar o corpo e **P** é o peso do corpo.

Quando os alunos foram testar esse modelo perceberam que só funcionava para a primeira polia móvel, então voltaram à etapa da pesquisa, análise em grupo e discussão e depois de alguns dias apresentaram o seguinte modelo:

$$1 \text{ polia fixa: } \mathbf{F} = \mathbf{P} = \frac{\mathbf{P}}{2^0}$$

$$1 \text{ polia móvel: } \mathbf{F} = \frac{\mathbf{P}}{2} = \frac{\mathbf{P}}{2^1}$$

$$2 \text{ polias móveis: } \mathbf{F} = \frac{\mathbf{P}}{4} = \frac{\mathbf{P}}{2.2} = \frac{\mathbf{P}}{2^2}$$

$$3 \text{ polias móveis: } \mathbf{F} = \frac{\mathbf{P}}{8} = \frac{\mathbf{P}}{2.2.2} = \frac{\mathbf{P}}{2^3}$$

Assim, os alunos puderam generalizar o modelo e tirar algumas conclusões: [...] *para cada polia móvel existente no sistema, professor, o peso se reduz à metade, logo a função de uma polia móvel é reduzir pela metade a força exercida no sistema.*

$$\text{Para } \mathbf{n} \text{ polias móveis: } \mathbf{F} = \frac{\mathbf{P}}{2^n} \quad \text{eq. 2}$$

Um aluno, após chegar a essa conclusão ainda questionou o funcionamento do aparelho de musculação encontrado na academia: *tá eu consegui entender que se eu aumento o número de polias móveis eu vou diminuindo a força pela metade, mas lá no aparelho a força exercida também podia aumentar como isso?*

Após muita discussão entre o grupo chegaram a um entendimento sobre o funcionamento físico do aparelho, perceberam que na academia eles trocam as extremidades onde exercem a força, o que permite o funcionamento do aparelho de maneira diferente.

A interação entre as disciplinas de matemática e física nesta atividade, ficou clara principalmente quando os alunos construíram um modelo matemático, para descrever as características essenciais envolvidas no experimento da talha exponencial. A análise desta função fomentou todas as discussões seguintes e a inquietação quanto à utilização dessa função em outras partes da física ou até mesmo em outras áreas do conhecimento.

Considerações finais

A experiência como professor de física tem mostrado que não basta oferecer escolarização. É necessário ofertar uma educação que atenda às necessidades de formação do aluno como ser social apto a agir no ambiente em que vive. Dentro desta perspectiva considera-se imprescindível que os conteúdos sejam abordados de forma contextualizada, dando-se ênfase às questões que fazem parte da realidade do aluno.

Objetivando a formação de um cidadão capaz de compreender os fenômenos que compõem o seu dia a dia, a abordagem de ensino, adotada nesta atividade, proporcionou aos alunos: a percepção, a reflexão e o questionamento da realidade que compreende o seu cotidiano.

A realização de uma atividade experimental no ensino de física, utilizando a modelagem matemática como ambiente de aprendizagem, possibilitou aos alunos a construção do conceito científico que pôde ser verificada por meio da articulação entre a experimentação e a expressão oral/escrita, e ao professor a oportunidade de maior envolvimento com o grupo fazendo com que as aulas pudessem sair do sistema tradicional provocando uma reflexão quanto à sua metodologia.

A atividade desenvolvida promoveu o interesse dos alunos por situações problematizadoras do seu cotidiano e que até então não lhe haviam despertado curiosidade. E é exatamente essa tentativa de resposta, à essas indagações, que conduz a elaboração de hipóteses iniciando o processo de construção do conhecimento científico de forma ativa.

A conclusão desta atividade pelos alunos mostrou que eles conseguiram reconhecer a física em situações cotidianas e que por meio da atividade de modelagem matemática se envolveram satisfatoriamente no estudo. O que acreditamos ser o primeiro passo para a aprendizagem.

Referências

ARAÚJO, I. S., VEIT, E. A.; MORERIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos de Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.26, n.2, 179-184,2004.

BARBOSA, J. C. O que pensam os professores sobre a modelagem matemática? **Zetetiké**, Campinas, v. 7, n. 11, p. 67-85, 1999.

BARBOSA, J. C. Modelagem matemática e os professores: a questão da formação. **Bolema**, Rio Claro, n.15, p. 5-23, 2001.

BARBOSA, J. C. A contextualização e a Modelagem na Educação Matemática do Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBEM, 2004. 1 CD-ROM.

BASSANEZI, R. C. **Ensino Aprendizagem com Modelagem Matemática**: uma nova estratégia. São Paulo. Contexto. 2002.

BORBA, M. C.; MENEGHETTI, R. C. G.; HERMINI, H. A. Modelagem, calculadora gráfica e interdisciplinaridade na sala de aula de um curso de ciências biológicas. **Revista de Educação Matemática da SBEM-SP**, São José do Rio Preto, n.3, p. 63-70, 1997.

CAMPOS, L. S.; ARAÚJO, M. S. T.; **A modelagem matemática e a experimentação aplicadas ao ensino de física**. 2009. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/1753.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2015.

GOMES, T.; FERRACIOLI, L. A investigação da construção de modelos no estudo de um tópico de Física utilizando um ambiente de modelagem computacional qualitativo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n.4, 453-461, 2006.

LOZADA, C. O.; ARAÚJO, M. S. T.; MORRONE, W.; AMARAL, L. H.; A Modelagem Matemática Aplicada ao Ensino de Física no Ensino Médio. **Revista LOGOS**, Cruzeiro do Sul SP, n. 14, p. 2-12, 2006.

- OLIVEIRA, S. L. **Tratado de Metodologia Científica**: projetos de pesquisas, TGI, TCC monografias, dissertações e teses. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2002.
- SCHÖN, D. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e sua formação**. Lisboa: Publicações D. Quixote, 1992. p. 77-90.
- SERAFIM, M.C. A Falácia da Dicotomia Teoria-Prática. **Revista Espaço Acadêmico**, v.1, n.7, 2001. Disponível em: <<http://www.espaçoacademico.com.br/007/07mauricio.htm>>. Acesso em: 09 jun. 2014.
- SKOVSMOSE, O. Cenários de investigação. **Bolema – Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, n. 14, p. 66-91, 2000.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 2004.
- VEIT, E. A; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de Física e os novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v.24, n.2, p.87-96, 2002.
- WOLFF, J. F. S.; SERRANO, A.; **O significado da modelagem utilizada no ensino de física conforme lido a partir de referenciais da educação matemática**. 2011. Disponível em:<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1290-1.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2015.

Submissão: 21/07/2014

Aceite: 06/07/2015