

MODELAGEM MATEMÁTICA E FÍSICA: UMA EXPERIÊNCIA COM FOGUETES

Elenice Josefa Kolancko Setti
Instituto Federal do Paraná, Assis Chateaubriand
elenice.setti@ifpr.edu.br

Anderson Ervino Schwertner
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo
andersonschwertner@hotmail.com

Dafne de Moraes Deparis
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo
dafned@utfpr.edu.br

Fernanda Fátima Ratajczyk Turra
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo
fernanda.no.msn@hotmail.com

Rodolfo Eduardo Vertuan
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo
rodolfovertuan@utfpr.edu.br

Resumo:

No presente artigo buscamos refletir sobre a importância da Modelagem Matemática como metodologia no ensino de Física e Matemática. Desta maneira apresentamos um breve referencial teórico acerca da relevância da Modelagem Matemática num contexto interdisciplinar, assim como uma atividade desenvolvida com os estudantes do Instituto Federal do Paraná a partir da experimentação de lançamentos de foguetes de garrafa pet. A partir disso concluímos que uma atividade de Modelagem Matemática no ensino interdisciplinar de Física e Matemática contribui de forma satisfatória na formação integral do estudante, devido às potencialidades vislumbradas em relação à abordagem de conteúdos das duas disciplinas, bem como via e envolvimento dos professores e estudantes na realização de experimentos.

Palavras-chave: Modelagem Matemática; Ensino de Ciências e Matemática; Interdisciplinaridade.

1. Introdução

Este artigo surgiu de discussões realizadas durante os encontros do GEPEEM¹ e da ideia de se realizar uma atividade de Modelagem Matemática envolvendo o lançamento de foguetes desenvolvidos por estudantes do Instituto Federal do Paraná (IFPR), depois destes participarem da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG).

¹ Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação e Educação Matemática – Linha de Pesquisa: Modelagem Matemática na Educação Matemática.

Tendo em vista a dificuldade de se encontrar trabalhos que versem sobre Modelagem Matemática em Física, consideramos oportuno refletir sobre uma atividade realizada por uma das autoras desse artigo no âmbito da interdisciplinaridade entre Matemática e Física. Em Física, a Modelagem Matemática contribui para a obtenção de modelos de sistemas dinâmicos, nos quais associam-se duas ou mais grandezas físicas (tempo, espaço, velocidade, ...), buscando inferir acerca de dados e resultados não evidentes (FIDELIS; ALMEIDA, 2009). Na atividade de Modelagem desenvolvida buscou-se responder o seguinte questionamento: “*Mantendo a quantidade de vinagre constante (1L), qual a quantidade de bicarbonato que otimiza a distância alcançada pelo foguete?*”²”.

Para isso, pesquisadores/professores e estudantes do IFPR realizaram diversos experimentos variando a quantidade de bicarbonato nos lançamentos e verificando a distância alcançada pelo foguete. Por fim, munidos dos dados coletados e representados num gráfico de dispersão, construiu-se um modelo matemático que representasse tais dados e possibilitasse inferir acerca do problema elencado.

Esse texto tem a intenção de apresentar uma descrição dessa atividade, bem como uma análise de sua potencialidade para a Educação Básica, de modo a evidenciar possibilidades de trabalho interdisciplinar entre Física e Matemática, mais especificamente, Modelagem Matemática. Para isso, neste artigo, são apresentadas considerações acerca da Modelagem Matemática na Educação Matemática, de confluências entre Modelagem Matemática e ensino de Física, do que há na literatura de Encontros Nacionais de Educação Matemática (ENEMs) anteriores sobre os temas desse trabalho e, finalmente, da experiência do lançamento de foguetes e das análises realizadas.

2. Modelagem Matemática na Educação Matemática

Na Educação Matemática, são muitos os estudos que visam atribuir significados à matemática escolar, que possibilitem melhor apreensão desses conteúdos por parte dos estudantes, que podem aplicá-los em outras disciplinas e no seu contexto social.

² Mais informações acerca da influência do vinagre e do bicarbonato de sódio no lançamento de foguetes serão apresentadas no tópico 5 deste texto.

Caldeira

(2009) afirma que uma educação matemática deve apresentar conteúdos matemáticos necessários para que o estudante compreenda sua própria realidade e estabeleça vínculos sociais.

Nesse sentido, uma tendência da Educação Matemática que tem sido bastante pesquisada, difundida e empreendida em sala de aula é a Modelagem Matemática, que Barbosa (2004, p.3) define como: “[...] um ambiente de aprendizagem no qual os estudantes são convidados a problematizar e investigar, por meio da Matemática, situações com referência na realidade”. Segundo Viecili (2006, p.23):

A resolução de problemas – que inclui a maneira de dar significado à linguagem matemática deve ser central na vida escolar, de tal modo que os alunos possam explorar, experimentar e organizar, criando um conhecimento novo no decurso das suas vidas.

Na sala de aula, a Modelagem Matemática tem como foco a resolução de problemas. Ao utilizarmos a Modelagem como uma ferramenta pedagógica, proporcionamos ao estudante maior autonomia; as atividades são desenvolvidas a partir de assuntos ou situações propostas pelo professor ou pelo estudante, portanto, geralmente, de interesse da turma; os estudantes levantam questionamentos, problematizam a situação inicial, coletam dados, levantam hipóteses (ao verificar onde se pretende chegar) e; os estudantes representam o problema e sua resolução através de gráficos, tabelas, cálculos, resgatando conteúdos anteriores e, conseqüente, construindo novos conhecimentos. Essa externalização e sistematização do problema, bem como do que foi pesquisado e investigado, servem como parâmetros para os estudantes validarem a resposta obtida. Um modelo matemático é, portanto,

[...] um sistema conceitual, descritivo ou explicativo, expresso por meio de uma linguagem ou uma estrutura matemática e que tem por finalidade descrever ou explicar o comportamento de outro sistema, podendo mesmo permitir a realização de previsões sobre este outro sistema (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2013, p. 13).

As atividades de Modelagem proporcionam o resgate de conteúdos matemáticos anteriormente estudados, a construção de novos conhecimentos, a capacidade de organização, de reflexão, de transformação da realidade (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2013).

Skovsmose (1990, apud BARBOSA, 2001, p. 4) distingue três tipos diferentes de conhecimento que podem ser relacionados à Modelagem Matemática: o conhecimento matemático em si; o conhecimento tecnológico, que se refere a como construir e usar um

modelo

matemático; o conhecimento reflexivo, que se refere à natureza dos modelos e os critérios usados em sua construção, aplicação e avaliação.

A situação inicial nas atividades não é, necessariamente, matemática, pode ser de outras áreas, o que possibilita a aplicação dos conteúdos matemáticos e o estudo de outras disciplinas. Isso nos remete a considerar convergências entre a atividade de Modelagem Matemática e a interdisciplinaridade. Interdisciplina, para Japiassu (1976, p.74), consiste na

[...] interação existente entre duas ou mais disciplinas. Essa interação pode ir da simples comunicação de ideias à integração mútua dos conceitos diretores da epistemologia, da terminologia, da metodologia, dos procedimentos, dos dados e da organização referentes ao ensino e à pesquisa.

É no contexto da Modelagem Matemática e da interdisciplinaridade que se deu o desenvolvimento desse artigo. Para a coleta de dados, estudantes de cursos técnicos integrados ao ensino médio de um Instituto Federal da região oeste do Paraná, realizaram um projeto envolvendo as disciplinas de Matemática, Física e Química, de modo a vislumbrar aplicações no âmbito dessas disciplinas específicas.

Na organização por disciplinas, devem se compor de modo a romper com a segmentação e o fracionamento, uma vez que o indivíduo atua integralmente no desempenho profissional. Conhecimentos interrelacionam-se, contrastam-se, complementam-se, ampliam-se, influem uns nos outros (BRASIL, 1999, p.21).

Considerando esses aspectos das atividades de Modelagem Matemática e sua potencialidade para o desenvolvimento de projetos interdisciplinares, é que passamos, no próximo tópico do texto, a abordar a questão da Interdisciplinaridade entre Matemática e Física, mais especificamente, entre Modelagem Matemática e Física. Nesse próximo tópico, apresentamos, ainda, o panorama de trabalhos constantes nos anais dos três últimos Encontros Nacionais de Educação Matemática (IX, X e XI ENEM) no que tange a essa temática.

3. Modelagem Matemática e o ensino de Física

Assim como ocorre em matemática, o ensino de física enfrenta diversos obstáculos durante o processo de ensino-aprendizagem, obstáculos estes que vão desde o formalismo excessivo das notações empregadas aos conteúdos selecionados para compor o currículo escolar. Contudo, como afirma Daroit, Haetinger e Dullius (2009, p. 01):

[...] talvez, o aspecto mais importante está na forma que os professores procedem dentro da sala de aula: os conceitos são apresentados aos estudantes de forma estanque, sem relação com os aspectos que envolvem a realidade, não levando em

conta o entendimento dos fenômenos que ocorrem no dia-a-dia e ainda, o mais grave, a grande maioria dos professores detém-se à matematização da Física, desconsiderando o caráter revolucionário dos seus conceitos e leis, como se o resultado numérico obtido através de fórmulas elaboradas fosse o objetivo final do estudo.

A supervalorização do resultado, em detrimento do processo de aprendizagem dos conteúdos, e a desconexão dos objetos em estudo com a realidade do estudante, comprometem seu aprendizado e desenvolvimento integral. Segundo Batista e Fusinato (2015, p. 94):

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.

Neste sentido, aponta-se a Modelagem Matemática para as aulas de Física, uma vez que ela pode despertar o interesse dos estudantes, constituindo-se um fator motivador de aprendizagem; utiliza situações da realidade como ambientes de investigação; pode facilitar a aprendizagem dos estudantes; fomenta habilidades de exploração e o espírito crítico dos estudantes; assim como auxilia na compreensão do papel sociocultural da matemática (BARBOSA, 2004).

Apesar de a Modelagem Matemática ser uma metodologia científica muito importante em Física, como veremos adiante, o número de publicações tomando-a como metodologia de ensino e relacionando-a à Física ainda é muito pequeno (ARAÚJO, 2002; SOUZA; SANTO, 2010; WOLFF; SERRANO, 2011). Dentre estes trabalhos, nota-se uma tendência em utilizar-se problemas contextualizados, simulações computacionais e atividades experimentais como ambientes fomentadores de atividades de modelagem matemática (SOUZA; SANTO, 2010).

3.1 O que publicou-se nos três últimos ENEMs sobre Modelagem e Física

De modo a conhecer o cenário relacionado ao número de trabalhos envolvendo Modelagem Matemática e Física, fizemos uma pesquisa nos três últimos ENEMs (IX, X e XI) a procura de trabalhos que envolvessem estes temas. Iniciamos esta procura através da busca das palavras “Modelagem Matemática” (142), “Física” (15) e “Interdisciplinaridade” (49) nos títulos dos artigos (consideramos a variação destas palavras também, como por exemplo “interdisciplinar” e “físicos”) o que resultou em 206 artigos. Como o foco desta análise é contabilizar os trabalhos que relacionam estas áreas com a Modelagem Matemática restou-nos apenas 10 artigos, pois selecionamos artigos que envolvessem a descrição, orientação e/ou a

construção de

modelos matemáticos³. Havia muitos trabalhos que somente citavam a Física como uma área possível para o desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática, ou como uma “outra área” que utiliza a Matemática.

Nestes 10 artigos realizamos a leitura do resumo, introdução e conclusão, donde podemos concluir que todos recorriam à Modelagem Matemática com vistas a tornar as aulas mais atraentes, de modo a envolver mais ativamente os estudantes e a fazê-los perceber as diversas aplicações da Matemática. Além disso, dois artigos tinham um aspecto mais teórico, uma vez que se constituíam de orientações para a elaboração de modelos matemáticos. Quatro artigos embasavam-se na superação das dificuldades dos estudantes (estas apontadas pelos professores) como argumento para a escolha de atividades de Modelagem interdisciplinar nas aulas. Oito trabalhos descreviam a situação que originava a atividade de modelagem (aceleração da gravidade utilizando esferas de ferro, parafuso de Arquimedes, minifoguetes, etc.), mas somente dois deles explicitavam o modelo matemático encontrado pelos estudantes (resfriamento de uma massa de carvão vegetal empregando a lei do resfriamento de Newton e a quantidade de água desperdiçada por um encanamento domiciliar).

A Tabela 1 a seguir apresenta o número de trabalhos relacionados aos termos-chave em cada uma das edições do ENEM:

Tabela 1: Relações entre o número de trabalhos dos ENEMs anteriores e os termos-chave

	XI ENEM	X ENEM	IX ENEM
Física	10	3	2
Modelagem	50	67	25
Interdisciplina	26	15	8
Modelagem e Física*	1	0	0
Modelagem e Interdisciplina*	1	0	0
Matemática e Física*	1	0	0

* Os textos dessas categorias também figuram nas categorias anteriores.

Na sequência do texto, apresentamos o processo de coleta dos dados e um possível encaminhamento matemático para o problema elencado. São reflexões advindas das discussões da professora-pesquisadora com os estudantes do IFPR que realizaram o

³ Procuramos a palavra ‘modelo’ nos artigos e realizamos a leitura dos resumos e introdução. Houve um caso em que, como o título parecia-nos indicar a criação de algum tipo de modelo, procuramos palavras como ‘função’, ‘tabela’, ‘regularidade’ que são possíveis tipos de modelos, mas nem assim obtivemos sucesso.

como das discussões empreendidas no âmbito do grupo de pesquisa GEPEEM.

4. Coleta dos dados

Uma equipe de estudantes do Instituto Federal do Paraná de Assis Chateaubriand participou no ano de 2015 da OBA⁴ - Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica e da MOBFOG - Mostra Brasileira de Foguetes. A MOBFOG é um evento realizado juntamente com a OBA aberto a estudantes de escolas públicas e privadas. A mostra envolve estudantes desde o primeiro ano do Ensino Fundamental até o último ano do Ensino Médio.

A participação dos estudantes do Ensino Médio na MOBFOG consistiu em desenvolver um protótipo de foguete de garrafa pet conciliando as disciplinas de Física, Química e Matemática, sendo o mesmo acionado por meio da reação de vinagre com bicarbonato de sódio. Para a equipe de estudantes ser selecionada para a etapa nacional, o foguete deve ter atingido um alcance maior que 120 metros na linha horizontal perpendicular à linha de lançamento do foguete.



Figura 01 – Vista lateral da trajetória do foguete

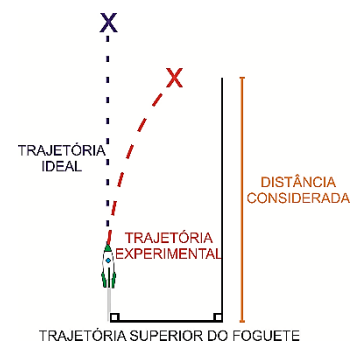


Figura 02 – Vista superior da trajetória do foguete

A construção deste foguete foi realizada após vários testes e experimentos. O foguete final da equipe de estudantes do Instituto foi construído com a parte de cima de uma garrafa pet de “citrus” e com uma garrafa de “coca-cola” retornável de plástico, ambas de 1,5 litros. A escolha das garrafas foi intencional. A garrafa de “citrus” possui um formato parecido com um foguete real, com um bico mais alongado, compondo assim a frente do foguete. A garrafa de “coca-cola” retornável de plástico é mais resistente do que as garrafas pet comuns, diminuindo assim as “explosões”⁵. Ela compõe a parte traseira do foguete que se encaixa na base. A base de lançamento passou por vários modelos até se chegar à base que os estudantes

⁴ Mais informações sobre a olimpíada no site: <http://www.oba.org.br/>

⁵ Considera-se “explosão” a destruição do protótipo do foguete.

utilizam

atualmente. É nela que ocorre a reação do vinagre com o bicarbonato que pressuriza o foguete.

As quantidades de vinagre e de bicarbonato foram sendo alteradas ao longo dos testes até se chegar a uma quantidade que fornecesse uma pressão ideal para que o foguete conseguisse atingir uma longa distância.

O ângulo de saída do foguete foi mantido em 45° em todos os lançamentos. No entanto, a mesa em que essa base do foguete se encaixava precisa ser móvel para possibilitar a mistura dos compostos químicos, o que remete à ideia de que depois de essa mistura ser realizada, a tal base precisava ficar em uma angulação de 180° , para garantir os 45° correspondentes ao lançamento. O ângulo de 180° foi verificado com uma linha presa ao transferidor com um peso na outra extremidade. Neste contexto, quando a linha ficava sobre a marcação do ângulo de 90° , era porque a base estava a 180° e, finalmente, o foguete à 45° .

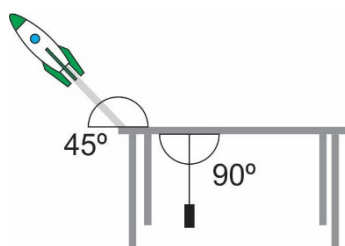


Figura 03 – Angulação no experimento de lançamento do foguete

Tendo em vista o envolvimento do grupo de estudantes com a MOBFOG, a professora de Matemática do Instituto propôs à equipe a realização de uma atividade de Modelagem à qual relacionaria a quantidade de bicarbonato utilizada como combustível e a distância atingida pelo foguete. Para isso foi estabelecida a seguinte questão de investigação: *Mantendo a quantidade de vinagre constante (1L), qual a quantidade de bicarbonato que otimiza a distância alcançada pelo foguete?*

É importante destacar que os lançamentos ocorreram em três dias diferentes. No primeiro dia foram realizadas três tentativas que resultaram em dois dados coletados. No segundo dia, foram realizadas cinco tentativas, com aproveitamento de apenas três, e ainda em dois lançamentos as quantidades de bicarbonato foram iguais às do primeiro dia para observar se o alcance seria o mesmo. Por fim, no terceiro dia foram realizados dois

lançamentos,

ambos aproveitados. Para simplificação da situação, optou-se por desprezar a resistência do ar nos lançamentos.

Observou-se que, ao colocar a mesma quantidade de bicarbonato em dois lançamentos diferentes com condições similares os alcances obtidos foram muito próximos (para 50 gramas de bicarbonato, 26,44 metros no primeiro dia e 23,7 metros no segundo dia, já para 100 gramas de bicarbonato de sódio, foram 48,1 metros no primeiro dia e 36,05 no segundo).

Optou-se por desconsiderar o lançamento do primeiro dia e utilizar os dados do segundo dia, de modo a compará-los com os outros lançamentos tomados no mesmo dia, portanto, em condições mais similares. Deste modo, para a coleta de dados, fixou-se a quantidade de vinagre utilizada em 1 litro e variou-se a quantidade de bicarbonato. Com os lançamentos dos três dias obtivemos os dados apresentados na tabela a seguir.

Tabela 1: Dados coletados na primeira fase do experimento

Dia de lançamento	Quantidade de Bicarbonato (gramas)	Pressão atingida (PSI ⁶)	Distância alcançada (metros)	Situação
1º	50	59	26,44	Não considerado
1º	100	72	48,1	Não considerado
2º	50	70	23,7	Considerado
2º	100	75	24,2	Não considerado
2º	100	98	36,05	Considerado
2º	150	102	68,1	Considerado
2º	120 (base) + 80 (tubo saída)	100	Não medido	Não considerado

Desta forma, ao findar o segundo dia de experimentos, tínhamos três dados para analisar o nosso problema. Com os dados coletados e tomando a hipótese de que uma maior quantidade de bicarbonato de sódio implicaria em maior alcance do foguete, optou-se por realizar um ajuste quadrático aos dados obtendo a função $f(x) = 0,0039x^2 - 0,344x + 31,05$, sendo x a quantidade de bicarbonato de sódio e $f(x)$ a distância alcançada pelo foguete.

Considerando a limitação de apenas três dados para responder ao problema, optou-se por mais um dia de coleta de dados, o que permitiu, inclusive, verificar a hipótese inicial.

⁶ Unidade de medida de pressão no Manômetro (instrumento que acoplado à base que mede a pressão). PSI – Libra-força por polegada quadrada.

No

terceiro dia, portanto, foram realizadas duas tentativas, a primeira com 200 gramas de bicarbonato em um litro de vinagre e a segunda com 250 gramas de bicarbonato em um litro de vinagre. Como com 200 gramas de bicarbonato não se atingiu a pressão esperada e um alcance satisfatório, descartou-se o lançamento, pois a equipe entendeu que algo não funcionou como deveria. Ao realizar o lançamento com 250 gramas de bicarbonato em um litro de vinagre, a equipe tomou o cuidado de verificar todos os componentes da base e foguete para que o lançamento fosse satisfatório, mesmo assim, não se atingiu a pressão esperada e nem o alcance previsto. Obtendo-se assim os dados apresentados na tabela.

Tabela 1: Dados coletados na segunda fase do experimento

Dia de lançamento	Quantidade de Bicarbonato (gramas)	Pressão atingida (PSI)	Distância alcançada (metros)	Situação
3º	200	50	Não medido	Não considerado
3º	250	75	30	Considerado

Em conversa com a equipe de estudantes, chegou-se à conclusão de que quando se aumenta a quantidade de bicarbonato para 200 e depois para 250 gramas a quantidade de vinagre, constante em 1 litro, não é suficiente para diluir o bicarbonato e realizar a reação. Desse modo, contrariando a hipótese utilizada na construção do modelo anterior, inferiu-se que não é viável aumentar a quantidade de bicarbonato e manter a quantidade de vinagre, uma vez que a pressão diminui e o alcance, conseqüentemente, é menor.

Assim, considerando esses novos dados e a nova hipótese, considerou-se novamente um ajuste quadrático conforme representação a seguir.

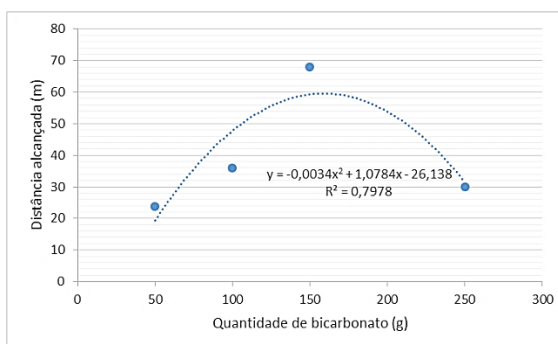


Gráfico 01 – Representação gráfica do experimento realizado

De posse do modelo, encontramos, via cálculo do vértice da função, o valor aproximado de 159 gramas de bicarbonato de sódio para um lançamento máximo de 59,37 m, quando a quantidade de vinagre permanece constante a 1L.

Optamos por tabelar os dados coletados numa planilha eletrônica, plotar o gráfico de dispersão e ajustar os dados. Após verificar a função quadrática, passamos a analisar o seu vértice. Todavia, convém ressaltar que a função poderia ter sido estimada sem o auxílio do computador, explorando o conteúdo de sistemas lineares com três incógnitas, por exemplo.

5. Considerações Finais

É importante ressaltar a dedicação e o interesse com que os estudantes participaram da atividade de Modelagem com os lançamentos do foguete. No decorrer da experimentação, alegaram estar satisfeitos em estudar Matemática e Física de uma forma útil e aplicável. Pois, além de diversos conceitos de Física (como pressão, centro de gravidade, centro de massa, aerodinâmica, entre outros), abordamos conteúdos de Matemática (Função Quadrática), determinando a lei da função que descreveu a relação entre a quantidade de bicarbonato de sódio e a distância alcançada, explorando a representação gráfica e analisando o vértice da parábola (quantidade de bicarbonato ideal). Utilizou-se também a planilha eletrônica para analisar os dados.

Concluimos então, que uma atividade de Modelagem Matemática no ensino interdisciplinar de Física e Matemática contribui de forma satisfatória na formação integral do estudante, devido às potencialidades vislumbradas em relação à abordagem de conteúdos das duas disciplinas, bem como o envolvimento dos professores e estudantes na realização de experimentos.

6. Agradecimentos

Agradecemos aos estudantes da equipe “Rocket Team” que se dispuseram a realizar os lançamentos do foguete para a coleta dos dados e ao professor de física Bruno Garcia Bonfim pela colaboração na construção desse relato de experiência.

7. Referências

- ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. *Modelagem Matemática na Educação Básica*. São Paulo: Editora Contexto, 2013. 160 p.
- ARAÚJO, J. L. *Cálculo, Tecnologias e Modelagem Matemática: as Discussões dos alunos*. 2002. 173 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.
- BARBOSA, J. C. *Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico*. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., 2001, Caxambu, Anais..., Rio de Janeiro, ANPED, 2001. CD-ROM.
- BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática: O que é? Por que? Como? *Veritati*, n. 4, p. 73-80, 2004.
- BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A. A utilização da modelagem matemática como encaminhamento metodológico no ensino de física. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 86-96, 2015.
- BRASIL. Parecer n. 16, de 5 de outubro de 1999. *Diretrizes Curriculares Nacionais para a educação profissional Nível Técnico*. 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/PCNE_CEB16_99.pdf>. Acesso em: 15 Mar. 2016.
- CALDEIRA, A. D. Modelagem Matemática: um outro olhar. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v. 2, n. 2, p.33-54, jul. 2009.
- DAROIT, L.; HAETINGER, C.; DULLIUS, M. M. *O ensino de fenômenos físicos através da modelagem matemática*. In: X Encontro Gaúcho de Educação Matemática, Anais..., Ijuí, UNIJUI, 2009, p. 1-8.
- FIDELIS, R, ALMEIDA, L. M. W. *Modelagem Matemática em Sala de Aula: contribuições para competências de refletir-na-ação*. In: VII Encontro Paulista de Educação Matemática, Anais..., São Paulo, USP, 2004.
- JAPIASSU, H. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago, 1976. 220 p.
- SOUZA, E. S. R; SANTO, A. O. E. *Modelagem matemática no ensino de física: recursos didático-pedagógicos*. In: VII Encontro Paraense de Educação Matemática, Anais..., Belém, UFPA, 2010, p. 01-12.
- VIECILI, C. R. C. *Modelagem Matemática: Uma proposta para o ensino da Matemática*. 2006. 119 p. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.
- WOLFF, J. F. S.; SERRANO, A.; *O significado da modelagem utilizada no ensino de física conforme lido a partir de referenciais da educação matemática*. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Anais..., Campinas, UNICAMP, 2011, p. 1-11.