

Ensino e aprendizagem por modelagem: uma reflexão sobre a literatura recente

Teaching and learning by modeling: a reflection on the recent literature

Eloisa Cristina Gerolin

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências - USP
eloisa.gerolin@usp.br

Sílvia Luzia Frateschi Trivelato

Faculdade de Educação - USP
slftrive@usp.br

Resumo

Neste trabalho realizamos um levantamento da literatura recente que utiliza o ensino e a aprendizagem por modelagem em suas pesquisas afim de conhecer aspectos e tendências dos estudos dessa área e realizar uma reflexão sobre estes. Identificamos trabalhos publicados entre 2011-2015 em periódicos nacionais e internacionais, utilizando os termos de busca “modelagem” e “modelling”. A busca foi realizada no Portal de Periódicos da CAPES, no Portal de Revistas do SIBi (Sistema Integrado de Bibliotecas) da Universidade de São Paulo e nas atas do IX ENPEC. Consideramos como objeto deste trabalho seis artigos, dos quais fizemos uma breve síntese e discussão. Os artigos analisados nos mostraram a importância das atividades de modelagem como ferramenta para o entendimento da construção de significados em sala de aula, para a compreensão de professores e estudantes acerca da natureza da ciência, na formação de professores e em outros campos da educação em ciências.

Palavras chave: revisão da literatura, modelagem, ensino e aprendizagem

Abstract

In this paper we conducted a survey of the recent literature that uses the teaching and learning by modeling in their research in order to know aspects and trends of studies in this area and carry out a reflection on these. We identify studies published between 2011-2015 in national and international journals, using the search terms "modelagem" and "modelling". The search was conducted in the CAPES Journal Portal, the SIBi Journals Portal (Integrated Library System), University of São Paulo and in the minutes of the IX ENPEC. Considered as the object of this work six articles of which made a brief summary and discussion. The articles analyzed have shown us the importance of modeling activities as a tool for understanding the construction of meanings in the classroom, to the understanding of teachers and students about the nature of science, teacher education and other fields of science education.

Key words: literature review, modelling, teaching and learning

Introdução

O ensino e a aprendizagem por modelagem representa uma linha de pesquisa relevante, assim, neste estudo, realizamos um levantamento da literatura mais recente que utiliza o ensino e a aprendizagem por modelagem em suas pesquisas e que o relaciona com diferentes áreas da educação em ciências afim de conhecer aspectos e tendências dos estudos nesta área e realizar uma reflexão sobre essas pesquisas. Nosso levantamento bibliográfico buscou por estudos publicados entre 2011 e 2015 em periódicos e atas de eventos relevantes da área. Considerando nossos objetivos e limitações, selecionamos para essa revisão seis trabalhos, usando como principal critério de seleção trabalhos que relacionassem a atividade de modelagem com outros aspectos da educação em ciências, priorizando-se produções/autores nacionais, afim de conhecer um pouco mais os estudos nessa área na educação em ciências no Brasil. Assim, consideramos como objeto deste trabalho esses seis artigos, dos quais fizemos uma breve síntese e discussão.

Referencial Teórico

A aprendizagem pode ser compreendida como um processo que se dá por meio de interações entre experiências e ideias dos estudantes, que podem ser trabalhadas e comunicadas através da atividade de modelagem (LOUCA; ZACHARIA, 2011). A modelagem é uma atividade própria das ciências da natureza; na Física, temos modelos explicativos para fenômenos como a gravidade, o calor, a dilatação; na Química utilizam-se modelos para representar a estrutura de um átomo, de uma ligação química, de partículas, entre outros; no caso da Biologia, temos os modelos de crescimento populacional, o modelo de célula, os modelos de biodiversidade, do fluxo de energia, das teias e cadeias alimentares etc. Os modelos são recursos muito utilizados na ciência, pois possibilitam a representação de objetos, sistemas, fenômenos e são usados para produzir explicações e previsões (SCHWARZ et al, 2009; LOUCA; ZACHARIA, 2011; SVOBODA; PASSMORE, 2011). Para Gilbert, Boulter e Elmer (2000), os modelos são representações parciais de um objeto, evento, processo ou ideia que apresente uma finalidade específica. Para Tiberghien (2000), a atividade de modelagem consiste em explicações, interpretações e previsões de situações no mundo material elaboradas por uma pessoa ou por um grupo de pessoas. Essas explicações, interpretações e previsões envolvem, na maior parte do tempo, ou eventos observáveis, e/ou parâmetros físicos, e/ou relações entre eles (TIBERGHIEIN, 2000). Para Maia e Justi (2011) a modelagem é um processo que caracteriza-se pelo ato de selecionar, interpretar, compreender e integrar aspectos relevantes de fenômenos, eventos e ideias através da criação, teste e reformulação de modelos afim de descrever, explicar e elaborar previsões para estes. Assim, a modelagem pode ser vista como uma atividade inerente do ser humano, pois este constrói modelos para representar aspectos do mundo em que vive afim de usar tais modelos para pensar, planejar e tentar explicar eventos desse mundo (SOUZA; JUSTI, 2012).

Metodologia

Visando nossos objetivos, fizemos uma identificação de trabalhos publicados nos periódicos Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, International Journal of Science Education, Science Education e Ciência & Educação; também consideramos trabalhos publicados nas atas do IX ENPEC. Para a identificação desses trabalhos, utilizamos em nossa busca os

termos “modelagem” e “modelling”. A busca foi realizada no Portal de Periódicos da CAPES, no Portal de Revistas do SIBi (Sistema Integrado de Bibliotecas) da Universidade de São Paulo e no site da ABRAPEC. O levantamento obtido mostrou um número elevado de artigos, conforme apresentamos na tabela 1, dos quais selecionamos seis afim de conhecer alguns aspectos e tendências das pesquisas para a revisão de literatura deste trabalho.

Fonte	Número tde trabalhos encontrados na pesquisa pelos termos “modelling” ou “modelagem” no período 2011-2015
Atas do IX ENPEC	4
International Journal of Science Education	531
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	9
Science Education	218
Ciência & Educação	5

Tabela 1: Total de artigos encontrados por periódico através dos termos “modelling” e “modelagem no período 2011-2015.

Os critérios utilizados para a seleção dos seis artigos desta revisão estão listados abaixo:

- Definição de modelagem compatível com as adotadas em nossos referenciais teóricos;
- Trabalhos publicados entre os anos de 2011 e 2015;
- Artigos que utilizam a modelagem em diferentes áreas do conhecimento das Ciências da Natureza e da educação em Ciências;
- Origem das produções: nacionais e internacionais; autores/produções nacionais foram priorizados devido ao nosso interesse de conhecer mais a fundo os estudos de ensino-aprendizagem por modelagem no Brasil.
- Diferentes tipos de fontes: periódicos e trabalhos publicados em eventos; ao menos um artigo de cada periódico selecionado.

Resultados e Discussão

Após o levantamento da literatura, consideramos como objeto deste trabalho seis artigos, listados abaixo, dos quais nós faremos uma breve síntese e discussão. A escolha desses seis artigos justifica-se pelo fato de procurarmos trabalhos que fizessem a relação da atividade de modelagem com outros aspectos da educação em ciências e em diferentes áreas das Ciências da Natureza. Os trabalhos aqui revisados representam um primeira seleção devido à limitação de tempo e de espaço para a inclusão de outros estudos. Além disso, priorizou-se a seleção de pelo menos um trabalho de cada periódico e a busca por produções/autores nacionais, afim de conhecer um pouco mais os estudos nessa área na educação em ciências no Brasil.

- CAMPBELL, T.; OH, P.S.; NEILSON, D. Discursive modes and their pedagogical functions in model-based inquiry (MBI) classrooms. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 15, 2012, p. 2393-2419.
- MANZ, E. Understanding the codevelopment of modeling practice and ecological knowledge. *Science Education*, v. 96, n. 6, 2012, p. 1071-1105.

- MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. The relationships between modelling and argumentation from the perspective of the model of modelling diagram. *International Journal of Science Education*, v. 35, n. 14, 2013, p. 2407-2434.
- PAGANINI, P.; JUSTI, R.; MOZZER, N. B. Mediadores na coconstrução do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. *Ciência & Educação*, v. 20, n. 4, 2014, p. 1019-1036.
- SOUZA, V. C. A.; JÚNIOR, O. G. A. Mediação do conhecimento científico em sala de aula e construção social de modelos no processo de formação inicial dos professores de Química. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia, 2013. *Atas do IX ENPEC*.
- SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem e a História da Ciência. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 2, 2012, p. 385-405.

Síntese dos artigos selecionados

No trabalho de Souza e Justi (2012), os autores utilizam aspectos históricos na elaboração e análise de uma unidade didática baseada no Diagrama Modelo de Modelagem (JUSTI; GILBERT, 2002), cuja temática foi a energia envolvida nas transformações químicas. A pesquisa foi conduzida em formato de estudo de caso e realizada em uma turma de 20 alunos com faixa etária ente 16-19 anos. Os dados foram coletados através de filmagens e de notas de campo. Os resultados do trabalho destacam que as atividades e as discussões favoreceram a modificação de modelos substancialistas e mecanicistas para o calor envolvido nos processos químicos e que foi possível identificar etapas específicas das atividades de ensino que favoreceram a expressão e modificação de elementos desses modelos.

Paganini, Justi e Mozzer (2014) utilizam atividades de modelagem na temática de ensino de solubilidade para analisar como diferentes mediadores podem favorecer a construção de conhecimento pelos estudantes por meio do processo de co-construção. As atividades baseadas em modelagem foram desenvolvidas a partir da perspectiva do Diagrama Modelo de Modelagem (JUSTI; GILBERT, 2002), com alunos de faixa etária de 15-16 anos que cursavam os níveis de Ensino Fundamental ou Médio. Os dados foram coletados através de gravações e filmagens. Com essa pesquisa as autoras identificaram como os mediadores contribuíram para o processo de co-construção do conhecimento durante a realização das atividades de modelagem, ressaltando-se a posição do professor, que favoreceu as interações em sala de aula ao questionar as ideias prévias dos estudantes, reproduzir o experimento empírico e questionar os estudantes sobre o entendimento de evidências empíricas.

Em sua pesquisa, Souza e Júnior (2013) empregaram atividades de modelagem na formação inicial de professores de química, através da discussão de uma sequência didática também baseada no Diagrama Modelo de Modelagem (JUSTI; GILBERT, 2002), na qual os licenciandos se engajaram na construção de modelos para explicar a energia envolvida nas transformações químicas. Os dados foram coletados através de filmagem das aulas e de material escrito pelos licenciandos, que posteriormente foram transcritos e analisados. As conclusões desse estudo apontaram a importância de se abordar na formação inicial de professores de ciências questões relativas à mediação pedagógica, favorecendo assim uma melhor articulação do conhecimento científico em sala de aula.

Campbell, Oh e Neilson (2012) investigaram os modos discursivos e suas funções pedagógicas em aulas de ciências através de atividades de modelagem baseadas em investigação (“model based-inquiry” - MBL). O estudo tratou do módulo instrucional energia eletrostática, no qual o professor orientou os alunos a criar modelos para explicar fenômenos de eletricidade estática. A pesquisa foi realizada em duas salas de aula de física do ensino médio, com estudantes de faixa etária entre 14-18 anos. As aulas foram gravadas em vídeo e as análises visaram identificar os tipos mais presentes de sequências de modos discursivos e interpretar as suas funções pedagógicas no contexto da modelagem baseada em investigação. Os resultados desse estudo indicaram que “explorar” era um dos modos discursivos mais utilizados nas aulas de modelagem baseada em investigação. Os autores concluíram que as sequências discursivas de explorar-recuperar e explorar-negociar foram utilizadas pelo professor para guiar os alunos no processo de modelagem e para alinhar os seus modelos com o conhecimento canônico da ciência, o que mostra a importância do papel do professor na condução e mediação das atividades e conhecimentos trabalhados.

As relações entre argumentação e modelagem são objeto de estudo do trabalho de Mendonça e Justi (2013). O estudo discutiu a relação entre modelagem e argumentação através da análise de dados obtidos durante o ensino baseado na modelagem de ligação iônica e interações intermoleculares, em uma sequência didática que utilizou como abordagem o Diagrama Modelo de Modelagem (JUSTI; GILBERT, 2002). As autoras tinham como objetivos identificar em que fases do processo de modelagem os alunos são envolvidos em situações argumentativas e quais são as funções das situações argumentativas em cada uma das etapas. Os dados foram coletados por meio de gravações em vídeo em uma sala de aula com 38 alunos entre a faixa etária de 16-18 anos. As gravações foram transcritas, incluindo os gestos. As autoras concluíram que situações argumentativas podem ocorrer em todas as etapas do ensino baseado na modelagem, e que em atividades relacionadas com a produção e expressão de um modelo, as situações argumentativas estão mais relacionadas com a construção de explicações do que com a persuasão. Esta é mais frequente em situações argumentativas que ocorreram em atividades relacionadas com teste e avaliação de um modelo. As autoras também concluíram que as representações foram importantes recursos no processo argumentativo, principalmente nos momentos em que os alunos visavam visualizar algo e construir explicações.

Com relação a trabalhos que utilizam a modelagem no ensino de biologia, Manz (2012) apresenta um estudo em que relata uma co-construção de práticas de modelagem e conhecimento ecológico. A concepção de atividade de modelagem adotada neste estudo inclui 4 etapas: fazendo o modelo, elaboração do sistema modelo, reivindicações no sistema modelo e compreensão das implicações. Nessas etapas estão envolvidas várias atividades como a proposição de perguntas, criação de analogias e argumentação. Nesse estudo, Manz menciona que a argumentação faz parte do processo de modelagem, principalmente na etapa de elaboração do sistema modelo. O estudo foi realizado com 17 alunos durante cerca de 40 aulas com duração de 1h/1h30 cada. A metodologia de pesquisa consistiu em pré e pós-entrevistas semiestruturadas que foram gravadas em áudio e transcritas. Os resultados da investigação mostraram que alunos do ensino fundamental devem ser apoiados para participar de práticas científicas relativamente complexas para desenvolver a compreensão conceitual, ao invés de primeiro ser ensinado os conceitos de forma isolada da prática. O autor também concluiu que por meio de ciclos interativos de construção, implementação e avaliação do modelo, os alunos podem desenvolver ideias mais sofisticadas sobre a temática estudada.

Além disso, o autor sugere que o uso de modelos e representações pode facilitar o desenvolvimento de conceitos disciplinares.

Discussão dos artigos selecionados

Em todos os trabalhos analisados nesta revisão, pudemos perceber que a atividade de modelagem representa uma ferramenta importante nas atividades de ensino-aprendizagem, funcionando como mediadora na construção do conhecimento conceitual e epistemológico científico.

A concepção de modelagem expressa em 4 dos 6 estudos analisados (SOUZA; JUSTI, 2012; MENDONÇA; JUSTI, 2013; SOUZA; JÚNIOR, 2013; PAGANINI, JUSTI, MOZZER, 2014) está relacionada com o Diagrama Modelo de Modelagem proposto por Justi e Gilbert (2002), no qual a modelagem caracteriza-se por possuir quatro estágios principais: produção do modelo mental, expressão do modelo, testes do modelo e avaliação do modelo. A concepção de modelagem adotada por Manz (2012) também engloba 4 etapas, sendo estas: fazendo o modelo, elaboração do sistema modelo, reivindicações no sistema modelo e compreensão das implicações do modelo. Já o estudo de Campbell, Oh, Nielson (2012) tem como concepção de modelagem o “model based-inquiry” no qual os estudantes são envolvidos em atividades de investigação através da exploração de fenômenos e construção e reconstrução de modelos.

No contexto da modelagem no ensino por investigação, além do “model based-inquiry” (MBI) adotado por Campbell, Oh e Nielson (2012), também encontramos essa relação em outros dois trabalhos (MANZ, 2012; MENDONÇA; JUSTI, 2013), o que nos mostra que as etapas dos processos de modelagem podem vir a estabelecer relações e serem articuladas com abordagens didáticas de caráter investigativo.

Ainda no contexto das abordagens investigativas, a modelagem estabelece relações com a argumentação, seja em todas as etapas da atividade (MENDONÇA; JUSTI, 2013) ou em uma etapa específica (MANZ, 2012). No processo de modelagem os estudantes têm de justificar suas previsões, defender suas interpretações e outras competências relacionadas a seus modelos, e isso muitas vezes envolve o engajamento com a argumentação.

Considerando que os modelos são muito utilizados na ciência, e que as etapas do processo de modelagem trabalham com competências da prática científica (elaboração de previsões e testes, por exemplo), engajar os professores e estudantes na participação das etapas das atividades de modelagem representa um forma de fazer com que estes desenvolvam uma maior compreensão sobre a natureza da Ciência. Além disso, conhecendo o processo de modelagem e relacionando este com a História das Ciências, é possível trazer para a sala de aula a historicidade da produção de vários modelos científicos, promovendo uma maior compreensão sobre tais modelos. Vimos estes aspectos no trabalho de Souza e Justi (2012).

Com relação ao papel do professor, seja atuando em sala de aula (CAMPBELL; OH; NIELSON, 2012; PAGANINI; JUSTI; MOZZER, 2014) ou em processos formativos (SOUZA; JÚNIOR, 2013), vemos que as ações destes desempenham papel fundamental como mediadoras e condutoras no processo de construção de significados em sala de aula.

Partindo para as metodologias de coleta de dados para pesquisa, nos trabalhos deste levantamento foram utilizados os seguintes métodos: filmagem, gravação de áudios, análise de materiais escritos, anotações de campo, pré e pós testes entre outros. A filmagem foi o método mais utilizado na maioria dos estudos.

De forma geral, os trabalhos analisados neste levantamento nos mostraram que as atividades de modelagem podem ser articuladas e contextualizadas com outras áreas e aspectos da educação em ciências como a formação de professores, o ensino por investigação, o papel do professor e de diferentes mediadores na condução da construção de significados e a argumentação no ensino de ciências.

Conclusão

Todos os artigos têm como ponto em comum a concordância de que a modelagem é uma atividade que contribui significativamente para a construção de significados atuando como mediadora nos processos de ensino e aprendizagem. Nos trabalhos de Mendonça e Justi (2013), Paganini, Justi e Mozzer (2014), Souza e Júnior (2013) e Souza e Justi (2012) as atividades de ensino aplicadas nas pesquisas basearam-se no diagrama Modelo de Modelagem proposto por Justi e Gilbert (2002). Nas conclusões dos estudos de Campbell, Oh e Neilson (2012) e de Paganini, Justi e Mozzer (2014) estes destacam a importância do papel do professor na condução das atividades de modelagem, visto que este traz para a sala de aula questões que propiciam a discussão e a expressão dos modelos consolidados pelos alunos, além de auxiliar no alinhamento de tais modelos com conceitos cientificamente válidos. Já no estudo de Manz (2012) e Mendonça e Justi (2013) vemos as relações entre a modelagem e a argumentação. Em ambos os trabalhos os autores defendem que a argumentação faz parte do processo de modelagem. Além disso, na coleta de dados dos estudos analisados neste trabalho, encontramos uma diversidade de métodos como filmagem, gravação de áudios, análise de materiais escritos, anotações de campo entre outros. O método de coleta de dados mais utilizado nestes trabalhos foi a filmagem. Os artigos analisados nos mostram a importância das atividades de modelagem como ferramenta para o entendimento da construção de significados em sala de aula, para a compreensão de professores e estudantes acerca da natureza da ciência, no processo de formação de professores e outros campos da educação em ciências. Neste primeiro levantamento encontramos menos pesquisas em ensino por modelagem no ensino de biologia do que no de física e química. Os referenciais apresentados neste estudo representam um primeiro levantamento, assim ressaltamos que ainda estamos trabalhando na literatura afim de ampliar e complementar nossa compreensão sobre aspectos da modelagem na educação em ciências.

Agradecimentos e apoios

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

- CAMPBELL, T.; OH, P.S.; NEILSON, D. Discursive modes and their pedagogical functions in model-based inquiry (MBI) classrooms. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 15, 2012, p. 2393-2419.
- GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. Position models in science education and in design and technology education. In: GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. (Org) **Developing models in science education**. Dordrecht: Kluwer, 2000.

JUSTI, R., GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 4, 2002, p. 369-387.

LOUCA, T. L.; ZACHARIA, Z. C. Modeling-based learning in science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. **Educational Review**, v. 64, n. 4, 2012, p. 471-492.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Habilidades cognitivas no desenvolvimento de um modelo para a cola. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2011, Campinas. Atas do VIII ENPEC.

MANZ, E. Understanding the codevelopment of modeling practice and ecological knowledge. **Science Education**, v. 96, n. 6, 2012, p. 1071-1105.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. The relationships between modelling and argumentation from the perspective of the model of modelling diagram. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 14, 2013, p. 2407-2434.

PAGANINI, P.; JUSTI, R.; MOZZER, N. B. Mediadores na coconstrução do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 4, 2014, p. 1019-1036.

SCHWARZ, C. V. et al. Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, n. 6, 2009, p. 632– 654.

SOUZA, V. C. A.; JÚNIOR, O. G. A. Mediação do conhecimento científico em sala de aula e construção social de modelos no processo de formação inicial dos professores de Química. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013, Águas de Lindóia. Atas do IX ENPEC.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem e a História da Ciência. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, 2012, p. 385-405.

SVOBODA, J.; PASSMORE, C. The strategies of modeling in Biology education. **Science & Education**, v. 22, n. 1, 2013, p. 119-142.

TIBERGHEN, A. Designing teaching situations in the secondary school. In: MILLAR, R.; LEACH, J.; OSBORNE, J. (Ed.). **Improving science education: the contribution of research**. Buckingham/Philadelphia: Open University Press, 2000. cap 2, p. 27-47.