

Uma revisão da literatura sobre artigos que utilizam atividades de modelagem como ferramentas para a construção de conhecimento científico

A review of the literature on papers that use modelling-based activities as tools for the construction of scientific knowledge

Resumo

Modelagem é um processo chave no desenvolvimento do conhecimento científico. Entretanto, o campo de estudos envolvendo atividades de modelagem é recente, sendo encontrados poucos trabalhos na literatura. Considerando a aparente escassez de trabalhos, esta pesquisa busca identificar os trabalhos que utilizam atividades de modelagem como ferramenta para a construção de conhecimento científico. Inicialmente, os artigos foram identificados a partir de buscas em periódicos estrangeiros. Em seguida, os artigos selecionados foram analisados segundo os seguintes critérios: tipos de modelo abordados, tipos sujeitos investigados, área de ciências envolvida e origem dos autores. Então, analisaram-se itens como: os objetivos explicitados nos trabalhos, a orientação metodológica geral adotada nos mesmos e os métodos utilizados para coletar os dados. Acreditamos que tal caracterização é relevante para a pesquisa na área de Educação em Ciências porque pode contribuir tanto para uma maior difusão dos trabalhos já realizados, quanto para a emergência de novas questões de pesquisa.

Palavras-chave: Artigo de revisão, modelagem, modelo.

Abstract

Modeling is a key process in the development of scientific knowledge. However, field studies modelling-based teaching is a recent area of interest, and few studies are found in literature. Assuming the apparent scarcity of such studies, this research seeks to identify studies in which modelling-based activities are used as tools for the construction of scientific knowledge. Initially, the papers were identified from the journal websites. Then, the selected papers were analysed according to the following criteria: model types covered, subjects investigated, the area of sciences involved, and origin of the author. Thereafter, we analysed the aims made explicit by the authors, the general methodological guidance adopted, and the methods used to collect data. We believe that this characterisation is relevant to the research in Science Education because it can contribute to both a greater diffusion of existing work, and the emergence of new research questions.

Key words: Review article, modelling, model.

Introdução

Segundo AGUIAR JR. (1998), o construtivismo foi certamente o movimento predominante na educação em geral e, em particular, na pesquisa em ensino de ciência nas últimas décadas. A ideia de que o conhecimento é ativamente construído pelo estudante e não apenas transmitido pelo professor está presente no discurso de boa parte dos professores de todas as áreas.

Para AGUIAR JR. (1998), talvez o principal impacto das orientações construtivistas esteja na atenção antes dirigida aos métodos de ensino, entendidos como técnicas capazes de ensinar com eficiência, para os processos de aprendizagem.

De acordo com Ogborn (1997, apud AGUIAR JR., 1998), o construtivismo educacional insistiu corretamente em quatro pontos essenciais:

- a importância do envolvimento ativo do estudante;
- o respeito pelo estudante e por suas próprias idéias;
- o entendimento da ciência enquanto criação humana;
- a orientação para o ensino no sentido de capitalizar o que os estudantes já sabem e dirigir-se às suas dificuldades em compreender os conceitos científicos em função de sua visão de mundo.

Nessa visão construtivista educacional, a utilização de atividades de construção de modelos emerge como uma perspectiva interessante, uma vez que tais atividades levam em consideração as ideias prévias dos indivíduos, o caráter limitado dos modelos e apresentam caráter investigativo. Neste trabalho usaremos a definição de modelo proposta por GILBERT, BOULTER e ELMER (2000): representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia que apresenta uma finalidade específica. Essa definição enfatiza as principais características de um modelo: ser uma representação parcial e com um objetivo definido.

No Ensino de Ciências é importante distinguir alguns tipos de modelo. *Modelos científicos* podem ser definidos como modelos expressos que ganham aceitação social através de teste e aprovação de uma comunidade científica. Como muitas vezes os modelos científicos são complexos (por exemplo, formulações matemáticas muito elaboradas), simplificações desses modelos, denominadas *modelos curriculares*, são ensinados aos alunos. Assim, existem vários modelos curriculares para um mesmo modelo científico. No contexto escolar, é importante também distinguir os modelos curriculares dos *modelos de ensino*. Os últimos são representações criadas com o objetivo de ajudar os alunos a aprender aspectos dos modelos curriculares. Além disso, analogias também são consideradas modelos. Uma das formas dos estudantes expressarem os seus modelos mentais é através da produção de analogias entre o domínio que já é conhecido e o domínio do tópico científico que os estudantes estão aprendendo (GILBERT ET AL., 2000).

É possível aprender com modelos ao usá-los e/ou contruí-los. No Ensino de Ciências, existem pesquisadores (por exemplo, MILLAR e OSBORNE, 1998) que têm enfatizado a importância de os estudantes não apenas aprenderem as abrangências e limitações dos principais modelos curriculares, mas também como esses são gerados e avaliados no domínio científico, o que inclui aspectos da natureza da ciência.

Aprender através de atividades de modelagem pode contribuir para que os alunos aprendam sobre como o conhecimento científico é produzido – aspecto coerente com um ensino de ciências mais autêntico. Modelagem é aqui entendida como o processo de construção, reformulação e validação de modelos. A utilização dessas atividades pode resultar em um ensino mais significativo, que ajude o estudante a desenvolver um entendimento mais coerente e crítico da ciência.

Entretanto, o campo de estudos envolvendo atividades de modelagem ainda é recente. São encontrados poucos trabalhos na literatura realizados em contextos reais de ensino que objetivam a construção do conhecimento científico através de situações em que os alunos são solicitados a construir e reformular modelos visando o entendimento de algum conteúdo

específico; desenvolver habilidades e melhorar suas visões sobre modelo na ciência (JUSTI, 2006).

Objetivos

Considerando a aparente escassez de trabalhos nesta área, este trabalho busca identificar, na literatura mais recente (2006 a 2010), os trabalhos que utilizam atividades de modelagem como ferramenta para a construção de conhecimento científico. A partir daí, temos o objetivo de caracterizar essa produção, analisando alguns itens como os objetivos explicitados nos trabalhos, a orientação metodológica geral adotada nos mesmos e os métodos utilizados para coletar os dados. Acreditamos que tal caracterização é relevante para a pesquisa na área de Educação em Ciências na medida em que pode contribuir tanto para uma maior difusão dos trabalhos já realizados quanto para a emergência de novas questões de pesquisa.

Metodologia

A primeira etapa da pesquisa consistiu na identificação dos artigos. Iniciamos os trabalhos consultando dois periódicos estrangeiros (Science Education, SE, e International Journal of Science Education, IJSE), pois nosso conhecimento anterior da área indicava que existem poucos trabalhos sobre modelagem em sala de aula publicados no Brasil. Para tanto, realizamos, nos sites dos próprios periódicos, uma busca utilizando a palavra “modelling” (traduzida em português como “modelagem”). Isto resultou em um número muito grande de artigos nos quais esta palavra era mencionada (16000 e 3000, respectivamente). Realizamos, então, outra pesquisa, desta vez utilizando a palavra ‘model’. Os resultados desta busca, assim como das buscas refinadas que se seguiram restringindo o período de tempo, são apresentados na tabela 1. As buscas refinadas foram necessárias para que se reduzisse o número de artigos de forma que a caracterização dos mesmos fosse possível.

Tabela 1. Quantidade de artigos identificados nos dois periódicos a partir da utilização de diferentes critérios de busca.

Critério da busca	IJSE	Science Education
‘Model’ em todos os campos, sem restrição de período	674	712
‘Model’ em todos os campos, artigos publicados entre 2006 a 2010	386	178
‘Model’ em todos os campos, artigos publicados em 2009 e 2010	191	

Considerando o número de artigos identificados a partir dessas buscas, assim como nossa necessidade de fazer a leitura integral dos mesmos para proceder à caracterização mais detalhada, decidimos restringir a amostra aos 369 artigos oriundos desses dois periódicos. Assim, a ideia original de pesquisar em outros periódicos foi abandonada.

A segunda etapa da metodologia iniciou-se com a leitura dos resumos dos 369 artigos. Isto evidenciou que muitos deles citavam a palavra ‘modelo’, mas não tinham ‘modelo’ ou ‘ensino de modelos’ como tema central. Dentre os artigos que efetivamente tinham este tema central, percebemos que a visão de ‘modelo’ utilizada era variada. Então, para evitar conclusões inadequadas, decidimos analisar apenas os artigos nos quais era utilizada uma definição de modelo próxima daquela proposta por GILBERT, ET AL. (2000) e apresentada anteriormente, isto é, modelo como a representação parcial de um objeto, evento, processo ou

ideia, elaborado com uma finalidade específica. Isto resultou na redução de nossa amostra a 30 artigos, 18 do IJSE e 12 do SE. Esses 30 artigos foram lidos na íntegra e analisados segundo os seguintes critérios:

- Tipo de modelo abordado principalmente no artigo: modelos mentais, modelos expressos, analogias.
- Sujeitos investigados: professores, alunos (divididos nas seguintes faixas: 7 a 10 anos, 11 a 14 anos, 15 a 17 anos, universitários), outros (graduados em outras áreas).
- Área de ciências: Biologia, Física, ou Química.
- Origem dos autores, identificada pelo país.

Finalmente, na terceira etapa, selecionamos 10 artigos dentre os 30 analisados, na segunda etapa, para discutir a qualidade da pesquisa empírica. Os critérios de seleção para os artigos foram que estes apresentassem o foco no aluno e em modelos expressos. Esses critérios foram escolhidos em função de nosso interesse em conhecer mais detalhadamente a literatura que analisasse modelos elaborados por alunos e, em especial, as metodologias utilizadas em tais investigações. Esses 10 artigos foram analisados considerando a coerência entre os objetivos ou questões de pesquisa explicitados nos mesmos e a metodologia utilizada para investigá-los.

Resultados e Discussão

Considerando os 30 artigos analisados inicialmente, os resultados encontrados, quando da aplicação dos quatro critérios definidos anteriormente são apresentados nas tabelas 2 a 5.

Tabela 2. Tipos de modelo abordado nos artigos.

Tipo de modelo	IJSE	SE	Total
Modelo expresso	6	3	9
Modelo mental	7	0	7
Analogia	0	3	3
Não definido	5	6	11

Tabela 3. Amostra de sujeitos participantes dos estudos relatados nos artigos.

Amostra	IJSE	SE	Total
Professores	4	3	9
Alunos 7-10 anos	2	3	7
Alunos 11-14 anos	0	1	2
Alunos 15-17 anos	6	1	10
Universitários	0	1	1
Graduados de outras áreas	0	1	1

Tabela 4. Área de ciências investigada nos artigos.

Área	IJSE	SE	Total
Química	6	5	11
Física	6	3	9
Biologia	1	0	1
Outra	5	4	9

Tabela 5. Local em que os estudos relatados nos artigos foram conduzidos.

País	IJSE	SE	Total
USA	3	8	11
Holanda	4	0	4
Espanha	1	2	3
Itália	2	0	2
Suiça	2	0	2
Austrália	1	0	1
Brasil	1	0	1
Colômbia	1	0	1
Eslovênia	1	0	1
França	0	1	1
Índia	1	0	1
Portugal	1	0	1
Singapura	0	1	1
Suécia	1	0	1
Taiwan	0	1	1
Turquia	1	0	1

A análise das tabelas 2 e 3 evidencia que há um maior interesse em pesquisas voltadas para modelos mentais e modelos expressos, e que sejam realizadas com amostras de alunos de 15-17 anos. Acreditamos que essa tendência é observada porque fenômenos científicos mais abstratos começam a ser estudados pelos alunos com a idade de 15-17 anos. Sendo assim, parece que, para alunos desta faixa etária, a utilização de atividades de modelagem nas quais eles elaborem e expressem modelos se faz mais necessária.

Além disso, pode-se perceber um déficit em pesquisas envolvendo alunos universitários e de 11-14 anos. As outras amostras mais comuns são professores e alunos de 7-10 anos. O significativo número de pesquisas com professores se justifica porque, quando da utilização de atividades de modelagem em sala de aula, o professor é uma figura essencial na condução adequada das mesmas, ajudando os estudantes a construir e expressar suas ideias e, conseqüentemente, a aprender de forma mais significativa. Por outro lado, as pesquisas com

alunos da escola básica, também muito frequentes, são motivadas, em geral, pela necessidade de conhecer como alunos pensam quando começam a aprender ciências.

É possível perceber, através da tabela 4, que a Química é a área da ciência que mais possui artigos que utilizam atividades de modelagem, seguida da Física e Biologia. Isso pode ser explicado por dois motivos principais: primeiro, pelos artigos se focarem mais em alunos de 15-17 anos, período em que começam a estudar Química nas escolas, e segundo, pela Química envolver muitos conceitos abstratos, que podem ser mais bem entendidos com a utilização de atividades de modelagem.

Na tabela 5, a soma dos totais é maior do que o número de artigos analisados em função de alguns deles terem sido produzidos por pesquisadores de mais de um país. Essa tabela mostra que os Estados Unidos é o principal país a fazer pesquisas na área de modelagem, fato observado nos dois periódicos analisados. Em seguida estão Holanda e Espanha, países com grande tradição de pesquisa na área de Educação em Ciências. Países de quatro continentes estão representados na tabela 5, evidenciando que, apesar de existirem poucos trabalhos sobre o tema em questão, ele desperta interesse de pesquisadores em diferentes contextos.

É interessante ressaltar que dos 11 artigos em que a Química é a área de Ciência abordada, apenas 3 não foram produzidos nos Estados Unidos ou na Holanda, indicando uma maior concentração de pesquisadores da área de Educação Química nesses países.

A fim de discutirmos a qualidade da pesquisa empírica, apresentamos, na tabela 6, os objetivos ou questões de pesquisa, explicitados em cada um dos 10 artigos selecionados e a metodologia utilizada para atingir tais objetivos. Na coluna Metodologia apresentamos, inicialmente, a orientação metodológica (quando explicitada no artigo) e, em seguida, uma breve descrição de como os dados foram coletados. Nesta tabela, os artigos estão identificados por códigos IJSE-x ou SE-x, onde x é um número aleatório.

Tabela 6. Objetivos ou questões de pesquisa e metodologia dos artigos analisados na última parte do estudo.

Artigo	Objetivo ou questão de pesquisa	Metodologia
IJSE-1	A modelagem é capaz de desenvolver um entendimento coerente sobre a célula como uma unidade básica e funcional do organismo?	Design experiments. Dados coletados através de observações da sala de aula, gravação em áudio da sala de aula e discussões em grupo, planilhas completas, testes escritos e entrevistas com professores e estudantes.
IJSE-2	1. O ambiente de ensino é capaz de desenvolver mudanças nas representações fenomenológicas dos estudantes de modo a promover um entendimento científico de onda mecânica na física? 2. Quais tipos de evidências os estudantes tem mostrado sobre suas habilidades de dar sentido ao fenômeno Onda, no final da sequência proposta?	Dados coletados através de pré- e pós-testes, anotações dos estudantes e outros materiais empíricos elaborados pelos estudantes durante as atividades em sala, gravações de áudio, diários de campo do professor e pesquisadores.
IJSE-3	Como o ensino baseado em modelagem contribui para o processo de construção de conhecimento dos estudantes em	Estudo de caso. Dados coletados através de gravação em vídeo das aulas, gravação de áudio de cada

	relação aos principais aspectos qualitativos do equilíbrio químico?	discussão em grupo, material escrito produzido pelos alunos nas atividades onde eles tinham que expressar seus modelos, e avaliação de aprendizagem final.
IJSE-4	Alcançar uma melhor compreensão da evolução conceitual dos estudantes e identificar os conceitos mais estáveis e mais dinâmicos utilizados pelos estudantes no campo conceitual de respiração.	Estudo de caso. Dados coletados através de questionários respondidos em cada fase do estudo e textos escritos pelos estudantes.
IJSE-5	Mostrar como a ideia de “Modelo de Campo” pode ser utilizada em sala de aula e demonstrar que as idéias sobre campo podem ser aprendidas pelos jovens estudantes de uma maneira eficiente.	Dados coletados através de questionários, entrevistas, observação de sala de aula, anotações dos estudantes, testes intermediários e pós-teste.
IJSE-6	Analisar a aprendizagem de crianças, em relação à estrutura dos materiais, a partir de atividades baseadas no processo de modelagem.	Estudo de caso. Dados coletados através de gravações em áudio das aulas, atividades e as respostas escritas (desenhos e texto) dos alunos, fotografias, reflexões dos professores no diário de classe após cada aula.
IJSE-7	Qual é a relação entre o nível de entendimento epistemológico dos estudantes sobre modelos e processo de modelagem e o nível do processo cognitivo desses estudantes durante a modelagem?	Dados coletados através de questionários abertos e gravações utilizando o programa Lotus ScreenCam TM .
SE-1	Quais entendimentos conceituais os adolescentes cegos têm sobre a natureza da matéria?	Dados coletados através de entrevistas semi-estruturadas, discussões em grupo, instruções vindas de um “jornal” produzido pelo professor.
SE-2	Entender como especialistas em um determinado assunto podem fazer uso do Model-It ¹ , pois, essa é uma etapa importante para entender e facilitar a trajetória de desenvolvimento de aprendizes com o Model-It.	Dados coletados através de vídeos gravados durante o processo de modelagem.
SE-3	Analisar uma estratégia de ensino à luz de uma abordagem epistemológica proposta pelos próprios autores acerca de modelos e da transição entre o abstrato e o concreto em atividades envolvendo modelagem.	Estudo de caso. Dados coletados a partir de atividades feitas pelos alunos.

¹ Software que permite a construção de modelos.

Alguns aspectos bastante interessantes emergem da análise da tabela 6. Inicialmente, todos os objetivos estão direcionados para um mesmo ponto comum: favorecer e analisar um entendimento coerente dos estudantes, através da utilização de atividades de modelagem.

Em relação à metodologia, independente da identificação da orientação metodológica, todos os artigos são de natureza qualitativa, como era de se esperar considerando os objetivos dos artigos. Devemos destacar que muitos artigos não explicitam claramente a orientação metodológica adotada e, dentre os que o fazem, o estudo de caso é o mais frequente. Consideramos que a ausência dessa explicitação metodológica é um problema, pois acreditamos que é essencial que um bom artigo seja escrito com clareza a fim de favorecer o entendimento dos leitores.

Em relação aos métodos de coleta de dados, observamos uma grande diversidade. Gravações em áudio de aulas, pré- e pós-testes, entrevistas e aplicação de questionários foram os mais utilizados. Além disso, a maioria dos autores utilizou diferentes métodos de coleta de dados, evidenciando uma preocupação com a validação dos mesmos e, também, apontando para a complexidade das investigações realizadas.

Ainda em relação à coleta de dados, chamou-nos a atenção o fato de poucos trabalhos utilizarem gravações em vídeo. Algumas suposições para tal fato podem ser levantadas, como a inibição dos alunos pela câmera de vídeo, ou mesmo a dificuldade de autorização de pesquisas que utilizem a imagem dos estudantes. A nosso ver, o uso de câmeras de vídeo é muito importante, pois cada gesto, expressão facial e, principalmente, como o registro de os alunos utilizam os modelos confeccionados por eles (por exemplo, em simulações) são dados essenciais para a pesquisa empírica nessa área, sendo todos eles mais fielmente registrados através de vídeos.

A leitura integral dos artigos evidenciou que todos os trabalhos atingiram os objetivos propostos. Além disso, percebemos que a escolha das orientações metodológicas pelos autores foi apropriada para os objetivos propostos em cada artigo.

Considerações finais

Neste trabalho, identificamos a existência de um maior número de pesquisas voltadas para modelos mentais e modelos expressos, realizadas com amostras de alunos de 15-17 anos. Além disso, percebemos um déficit em pesquisas envolvendo alunos universitários e de 11-14 anos. Identificamos também um número significativo de pesquisas com professores.

Observamos que a Química é a área da ciência que mais possui artigos que utilizam atividades de modelagem, seguida da Física e da Biologia. Além disso, o principal país onde são feitas pesquisas na área de modelagem é os Estados Unidos, fato observado nos dois periódicos analisados.

Identificamos artigos que analisam situações em que atividades de modelagem foram utilizadas como ferramenta para a construção de conhecimento científico. Nesses artigos, todos os objetivos estão direcionados para um mesmo ponto comum: favorecer e analisar um entendimento coerente do conhecimento por parte dos estudantes, através da utilização de atividades de modelagem.

Em relação à metodologia, todos os artigos são de natureza qualitativa, sendo o estudo de caso a orientação metodológica mais frequente. Em todos eles, observamos coerência entre os objetivos e a metodologia proposta para investigá-los.

A realização desta revisão bibliográfica foi muito importante para nossa formação como alunas de Mestrado, pois favoreceu não só um conhecimento mais amplo sobre as pesquisas

realizadas recentemente em nossa área de interesse, como, principalmente, um grande aprendizado sobre como buscar e analisar aspectos gerais e coerência de artigos.

Referências Bibliográficas

AGUIAR JÚNIOR, O. G. O papel do construtivismo na pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.3, n.2, p.107-120, 1998.

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, p. 3-17.

JUSTI, R. **La Enseñanza de ciencias baseada en la elaboración de modelos**. Enseñanza de Las Ciencias, v.24, n.2, p.173-194, 2006.

MILLAR, R.; OSBORNE, J. **Beyond 2000: science education for the future**. London: King's College, London School of Education, 1998.