

BASES EPISTEMOLÓGICAS E IMPLICAÇÕES PARA PRÁTICAS DE MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM SALA DE AULA¹

Tiago Emanuel Klüber²

Dionísio Burak³

RESUMO

Considerando a escassez de estudos e discussões sobre bases epistemológicas que orientem a prática da Modelagem Matemática em sala de aula, esse ensaio desenvolve-se sob a questão: *Que implicações para a prática da Modelagem Matemática em Educação Matemática decorrem de distintas bases epistemológicas?* São apresentados aspectos que podem favorecer a compreensão de algumas dessas bases, as quais implicam olhares distintos sobre as práticas de Modelagem Matemática neste âmbito. A postura de investigação adotada se afina com a Fenomenologia-Hermenêutica. As interpretações explicitadas apontam que do reconhecimento de distintas bases epistemológicas emergem distintas práticas de Modelagem.

Palavras-chave: Epistemologia. Pesquisa Educacional. Educação Matemática. Sala de Aula.

UM OLHAR EPISTEMOLÓGICO SOBRE A MODELAGEM MATEMÁTICA

Este ensaio parte da relevância em considerar distintas perspectivas de Modelagem Matemática (MM) na Educação Matemática (BARBOSA, 2001b, KLÜBER; BURAK, 2008a, BEAN, 2003) e o confronto que elas ensejam para a sua prática em sala de aula. Desse contexto, emerge a possibilidade do empreendimento

1 A primeira versão deste texto foi apresentada e publicada no IV Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática, SIPEM, no âmbito do Grupo de Trabalho de Modelagem – GT 10 em 2009. Este texto foi revisado, ajustado e aprofundado.

2 Doutor em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Professor Adjunto do Colegiado de Matemática da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, Paraná, Brasil. E-mail: tiagokluber@gmail.com

3 Doutor em Educação pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Professor Titular do Departamento de Matemática da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Guarapuava, Paraná, Brasil. Orientador de Mestrado e Doutorado junto ao programa de Pós-Graduação em Educação – PPGC da UEPG. E-mail: dioburak@yahoo.com.br

de estudos que indaguem sobre implicações epistemológicas para a prática da Modelagem Matemática. Sob essas condições, assumimos que ao esclarecer alguns desses elementos basilares, a ação que o pesquisador e o professor executam em sala de aula pode se tornar mais profícua.

Assim, pretendemos explicitar nosso entendimento de que qualquer prática educacional é sempre orientada epistemologicamente, de maneira mais ou menos explícita. Essa orientação pode ser compreendida, por exemplo, em sentido paradigmático amplo, ou seja, há um conjunto de ideias e práticas, partilhadas por um grupo específico, uma comunidade de pesquisadores em torno de uma especificidade científica, de tal maneira que o seu modo “ver” é formatado por este paradigma. (KUHN, 1987). Os *paradigmas educacionais* podem ser compreendidos de forma similar, porém, de maneira mais restrita no que se refere ao desdobramento de práticas escolares por parte dos professores. Em suma, pode-se considerar que, entre professores, há, também, um conjunto de ideias e práticas específicas que formatam o seu modo de ver as relações estabelecidas com o seu campo de atuação.

Em relação às práticas desenvolvidas em sala de aula e, mais especificamente, na adoção da Modelagem, é que consideramos pertinente explicitar aspectos epistemológicos. Almejamos, nesse contexto, problematizar algumas ações incomensuráveis⁴, desenvolvidas no ensino e na aprendizagem da Matemática principalmente na Educação Básica, justamente por não ser um lugar específico de investigação, como as universidades e institutos de pesquisa.

Essas incomensurabilidades podem ser identificadas, por exemplo, quando se espera que o aluno construa conhecimento pela simples adoção da Modelagem, como se a atividade em si, favorecesse a construção e apropriação de conceitos e conteúdos matemáticos. Outro exemplo é quando há a pretensão de desenvolver uma aprendizagem significativa, mas são privilegiados os processos de memorização e repetição, em detrimento da compreensão. Esses

4 [...] Para Kuhn o aspecto fundamental da expressão incomensurabilidade de paradigmas, é que os proponentes dos paradigmas competidores praticam seus ofícios em mundos diferentes. (OSTERMANN, 1996, p. 191). Um exemplo é o contexto da ação dos pesquisadores de Matemática que é diferente do contexto de ação dos professores de Matemática. “[...] Duas ou mais teorias são Incomensuráveis porque, além de implicarem conceitos diferentes, subentendem percepções ou experiência diferentes.” (ABBAGNANO, 2007, p. 632).

exemplos mostram ações incompatíveis/incomensuráveis de um ponto de vista epistemológico. Enfim, apresentam situações em confronto, dicotômicas nas relações epistemologia/prática ou teoria/prática.

Diante do exposto, assumimos que o reconhecimento e a adoção de bases epistemológicas, *aqui compreendidas como posições epistemológicas frente à produção do conhecimento nas ciências e seus desdobramentos no âmbito escolar*, e mesmo o seu desconhecimento, tendem a se refletir nas ações desenvolvidas pelo educador, o que sustenta reflexivamente a nossa questão: *Que implicações para a prática da Modelagem Matemática em sala de aula decorrem de distintas bases epistemológicas?*

Essa questão situa-se numa abordagem fenomenológico-hermenêutica que busca desvelar os sentidos do fenômeno focado como ele se mostra (BICUDO, 2000). Em outras palavras, não nos deteremos em um referencial específico, mas sim na solicitação de esclarecimento decorrente do fenômeno Modelagem Matemática. O fenômeno é entendido a partir da intencionalidade do sujeito para com o objeto intencional que sempre é correlato à consciência e à percepção, comportando a compreensão histórica e cultural no mundo-vida⁵ (KLÜBER; BURAK, 2008b).

Essa atitude fenomenológica mostra, simplesmente, que o objeto de conhecimento não é em si, por isso, não se dá a conhecer sem o sujeito *voltar-se para*. Nesse sentido, a relação não ocorre em uma atitude natural, na qual se acredita dar a conhecer características do objeto como que numa cópia. A verdade é sempre provisória e interpretativa, não relativista, já que se sustenta, também, pelo movimento histórico do fenômeno estudado. Sob essa ótica, elegemos a Modelagem Matemática como fenômeno a ser investigado. Assim, a partir do fenômeno mesmo, temos de explicitar o contexto em que ele se desenvolveu historicamente, primeiramente nos âmbitos da pesquisa pura e aplicada e, posteriormente, no educacional.

Explicitando, inicialmente, o significado do fenômeno, esclarecemos que a Modelagem é considerada, no âmbito da pesquisa pura e aplicada, como um método de pesquisa das Ciências Naturais, utilizado com o objetivo de modelar matematicamente fenômenos físicos, químicos, geográficos e outros (BASSANEZI, 2002). Cabe salientar que essa perspectiva é significativa e tem

5 O mundo é o mundo-vida temporalizado nos eventos mundos, não é o mundo ôntico, mas sim das relações.

papel relevante no desenvolvimento científico e tecnológico da sociedade⁶. Isso porque a Matemática possui ferramentas poderosas já desenvolvidas, capazes de alavancar avanços tecnológicos em várias áreas do conhecimento, como, por exemplo, na elaboração e interpretação de modelos econômicos.

No âmbito educacional, a Modelagem é utilizada para fins de ensino e aprendizagem da Matemática, porém, com certa pluralidade de concepções, sendo vislumbrada, por exemplo, como metodologia de ensino, método de ensino, estratégia de ensino, ambiente de aprendizagem pautado na investigação e indagação e, ainda, como sistema de aprendizagem.

Evidentemente, essas visões são sustentadas por bases epistemológicas, mesmo que não explicitadas pelos diferentes autores. Por essa razão algumas categorias epistemológicas são evocadas para serem também questionadas na relação com fenômeno, são elas: sujeito, objeto e produção de conhecimento, inicialmente relacionadas às características da Modelagem como método de pesquisa das Ciências Exatas e Naturais, essas mesmas categorias são interrogadas para Modelagem no âmbito da Educação Matemática.

BASES EPISTEMOLÓGICAS DA MODELAGEM MATEMÁTICA

As categorias epistemológicas apresentadas anteriormente, no que se refere à Modelagem Matemática, remetem a uma questão: Quem é o sujeito dessa Modelagem? Num rápido olhar podemos identificá-lo como sendo o modelador profissional, que, em tese, possui uma formação acentuada em relação às teorias matemáticas e experiência em aplicações em diferentes áreas do conhecimento. Seu foco é a produção do conhecimento matemático e, assim, seu grande desafio seria interpretar os fenômenos⁷, de vários tipos e ordens, passíveis de matematização, adequando-os às terias matemáticas. Além disso, pode elaborar alguma matemática nova para que se consiga representar, de forma adequada, o fenômeno modelado.

A relação estabelecida com o objeto matemático visa à aplicação ou a produção de conhecimento matemático. Nessa perspectiva ocorrem aprendizagens, interações e criatividade. Entretanto,

6 Ao reconhecer suas potencialidades, também reconhecemos suas limitações e poder de destruição. Para maiores esclarecimentos ler Skovsmose (2007).

7 Fenômeno aqui é o real separado do sujeito. Fenômeno em Fenomenologia é aquilo que se manifesta à consciência.

questiona-se: como se dão essas situações de aprendizagem? Como são desenvolvidas nesse contexto? Considerando que em todo processo de interação entre pessoas e teorias ocorrem aprendizagens, podemos afirmar que essas situações são comuns entre as comunidades acadêmicas que modelam fenômenos. Isso do ponto de vista da troca de teorias e práticas que podem oferecer melhores interpretações e aproximações do que se quer modelar. Nesse sentido, não há uma única resposta, um caminho apenas. Contudo, essa perspectiva da Modelagem Matemática possui fortes características de uma visão cartesiana de conhecimento.

A necessidade de redução do fenômeno já indica um caminho a ser seguido pelo próprio estilo de pensamento matemático, pois a matemática é considerada a linguagem da Ciência Moderna por excelência (SANTOS, 2006). Uma orientação epistemológica dessa natureza não possui preocupações imediatas, direcionadas para o âmbito da sala de aula, que busquem melhorias para o ensino e para a aprendizagem da Matemática numa perspectiva de apropriação e construção de conhecimento do ponto de vista cognitivo. Portanto, uma preocupação com a aprendizagem dos sujeitos num processo educacional. Além disso, nesta perspectiva de MM, a aprendizagem também não é o foco principal.

Sob essa ótica, a Modelagem está imbricada na perspectiva das Ciências Exatas e Naturais, que pode ser delineada, até certo ponto, ao que concerne ao paradigma da Ciência Moderna. Esse paradigma, para Santos (2006), é dominante na sociedade e possui dois pilares: por um lado, desconfiar sistematicamente da experiência imediata, e, por outro, apresentar uma separação total entre o ser humano e a natureza.

Tais pressupostos levam a uma observação desinteressada e rigorosa. Desinteressada no sentido de não ter viés ou interesse pessoal. Rigorosa justamente pela pretensa neutralidade dos métodos lógico-matemáticos. Em decorrência, um conhecimento mais elaborado e profundo seria possível, exclusivamente, a partir das ideias matemáticas. Essa seria a capacidade de matematização, que quando se torna um desejo irrefreado de mensuração é designado, por Morin (2006), como "quantofrenia" ou "aritmomania". Santos (2006), por sua vez, explicita que "A matemática fornece à ciência moderna, não só o instrumento privilegiado de análise, como também a lógica da investigação, como ainda o modelo de representação

da própria estrutura da matéria.” (p. 26-27). Dessa concepção de conhecimento pautada em bases matemáticas, surgem duas consequências: 1) conhecer significa quantificar; e 2) o método científico se assenta na redução da complexidade. Ou seja, o conhecimento é apenas um conhecimento causal que apresenta leis e regularidades. O mundo passa a ser visto como uma máquina, culminando no mecanicismo.

As explicitações até agora esboçadas nos autorizam a afirmar que a Modelagem Matemática, em sua origem, é entendida como a principal ferramenta da Ciência Moderna. Essa interpretação é consistente se olharmos historicamente para o desenvolvimento científico e tecnológico e para o papel que os modelos da Matemática exercem em nossa sociedade (SKOVSMOSE, 2007).

As considerações até aqui delineadas mostram possíveis incomensurabilidades da perspectiva de Modelagem em discussão para o trabalho docente que intenciona o ensino e a aprendizagem da Matemática, principalmente na Educação Básica, visto que este é o momento em que os sujeitos devem se apropriar e construir conceitos e conhecimentos matemáticos e, portanto, não estão aptos a adquirirem habilidades que são próprias de investigadores iniciados.

Daí emerge um novo questionamento que não é esgotável, mas é capaz de provocar, sobre ele mesmo, estudos e discussões: *Como o reconhecimento de bases epistemológicas distintas pode ajudar na diferenciação entre perspectivas de Modelagem Matemática, quando se tem como locus a Educação Básica, para o ensino e a aprendizagem da Matemática?* Sem dúvida esse é ponto que merece atenção nos metaestudos de Modelagem.

Uma vez caracterizada, em linhas gerais, a Modelagem Matemática e suas bases histórico-epistemológicas, vinculadas aos pressupostos da Ciência Moderna, consideramos propício levantar alguns pontos relevantes para a Modelagem Matemática na Educação Matemática, para a Educação Básica, a partir de outros pressupostos.

BASES EPISTEMOLÓGICAS DA MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

A questão a seguir enseja o levantamento do primeiro ponto de discussão: *As propostas de Modelagem Matemática para a Educação Matemática carregam em si a mesma proposta de matematização*

presente na *Ciência Moderna*? Para sermos fiéis à postura adotada, vejamos algumas proposições acerca da Modelagem em um respigar fenomenológico. Nessa intenção escolhemos alguns autores que se destacam em âmbito nacional na comunidade de Modelagem em Educação Matemática e que tem trabalhos publicados relativos ao ensino e à aprendizagem da Matemática: Barbosa (2001a e 2001b), Bassanezi (2002), Biembengut (1990 e 1997), Burak (1992, 1998 e 2004) e Caldeira (2004 e 2005).

Para Barbosa (2001b) a “Modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade” (p. 6, grifos do autor). Em outra referência, Barbosa (2001a) afirma: “À medida que não compreendo as atividades de Modelagem contendo encaminhamentos e fins *a priori*, sustento que os alunos podem investigar matematicamente uma dada situação, sem necessariamente construir um modelo matemático” (p. 36).

A Modelagem, para o autor, é pautada no princípio da indagação. Não se constitui em uma simples explicitação do problema, mas numa atitude que acompanha todo o processo de sua resolução. A indagação conduz à investigação, sendo esta “[.] a busca, seleção, organização e manipulação de informações.” (BARBOSA, 2001b, p. 7). Representa, nessa perspectiva, uma não estagnação e pré-determinação do processo, podendo valer-se de procedimentos informais e da própria intuição dos envolvidos. Então, “Indagação e investigação são tidas como indissociáveis, pois uma só ocorre na mesma medida que a outra.” (Idem).

Para Bassanezi (2002, p. 16) a Modelagem Matemática é a “[.] arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”.

A MM, nessa concepção, consiste nas seguintes etapas: 1) experimentação; 2) abstração (seleção de variáveis, problematização ou formulação de problemas, formulação de hipóteses e simplificação); 3) resolução; 4) validação; e 5) modificação (caso seja necessário alterar o modelo).

Para Burak, a Modelagem “[.] constitui-se em um conjunto de procedimentos cujo objetivo é construir um paralelo para tentar explicar matematicamente os fenômenos presentes no cotidiano do ser humano, ajudando-o a fazer previsões e tomar decisões.” (BURAK,

1992, p. 62). Para o desenvolvimento da Modelagem é necessário considerar dois princípios: 1) o interesse do grupo; e 2) a obtenção de informações e dados do ambiente de onde se origina o interesse do grupo. O segundo princípio tem suas bases nos procedimentos de investigação etnográfica. Além disso, baseia-se na incorporação de aspectos das teorias construtivista, sócio-interacionista e de aprendizagem significativa (BURAK, 1998).

A Modelagem Matemática possui as seguintes etapas com finalidades de encaminhamentos didáticos: 1) escolha do tema; 2) pesquisa exploratória; 3) levantamento dos problemas; 4) resolução dos problemas e desenvolvimento do conteúdo matemático no contexto do tema; e 5) análise crítica das soluções (BURAK, 2004).

Biembengut (1999, p. 20) explicita que a Modelagem é “[.] o processo que envolve a obtenção de um modelo.” (). Nesse processo, a Modelagem é uma forma de interligar Matemática e realidade, que, na visão da autora, são disjuntas.

Semelhante definição aparece em sua dissertação de mestrado, considerando que a Modelagem é “[.] a estratégia usada para se chegar ao modelo.” (BIEMBENGUT, 1990, p.3), bem como em sua tese de doutorado, onde afirma que a “Modelagem Matemática é o processo envolvido na obtenção de um Modelo.” (BIEMBENGUT, 1997, p. 65).

Assim, a autora acredita que a Modelagem Matemática é um processo que visa “[.] traduzir a linguagem do mundo real para o mundo matemático” (BIEMBENGUT, 1990, p. 10). Compreende-a, também, como uma arte: “[.] a Modelagem, arte de modelar, é um processo que emerge da própria razão e participa da vida do ser humano como forma de constituição e de expressão do conhecimento.” (BIEMBENGUT, 1997, p. 43). Para ela, a Modelagem segue alguns procedimentos (etapas), subdivididas em seis subetapas, quais sejam: 1) interação – reconhecimento da situação-problema e familiarização com o assunto a ser modelado (pesquisa); 2) matematização – formulação (hipótese) e resolução do problema em termos matemáticos; 3) Modelo Matemático – interpretação da solução e validação do modelo (uso).

Para Caldeira (2005) a Modelagem Matemática é concebida como um sistema de aprendizagem, ou seja, é uma oportunidade de oferecer aos professores e aos alunos as devidas condições para que questionem e entendam a Educação, e, conseqüentemente, passem

a acreditar no processo dinâmico da realidade. Por isso, caracteriza-se como uma forma de não aceitação do atual currículo escolar que parece estagnado.

O conteúdo deixa de ser totalmente previsível dependendo da direção tomada pelos alunos na solução de problemas propostos e da capacidade do professor em direcionar a discussão. Portanto é flexível e poderá não seguir rigorosamente a ordem em que aparece nos livros-textos, como também pode aparecer algum conteúdo não programado para a série em que o professor estiver trabalhando. (CALDEIRA, 2004, p. 4).

Para o propósito deste estudo, as concepções descritas ensejam uma análise que leva às interpretações sobre a sua adoção e desenvolvimento em sala de aula, tais como: 1) a Modelagem em si não se constitui em uma metodologia de ensino e de aprendizagem para a sala de aula; 2) diferentes concepções de Modelagem Matemática conduzem as diferentes práticas em sala de aula; e 3) aspectos epistemológicos subjacentes às proposições são de fundamental importância para a efetivação e desenvolvimento de uma prática coerente em sala de aula. Sem a compreensão de determinados aspectos no/do processo, a atividade de Modelagem pode ser estéril do ponto de vista da aprendizagem dos alunos.

Estas interpretações podem ser aprofundadas e esclarecidas, salientando que a Modelagem Matemática, quando utilizada no âmbito do ensino e da aprendizagem da matemática, não pode manter todas as características iniciais em acordo com o estatuto epistemológico das Ciências Exatas e da Natureza. Ao estar inserida no âmbito da Educação Matemática que é essencialmente uma Ciência Humana e Social, a Modelagem sofrerá de mudanças significativas em suas bases epistemológicas, o que implica em mudanças em sua constituição.

Nossa afirmação encontra substancialidade em Fleck (1986), epistemólogo polonês que se dedicou a compreender a produção científica do ponto de vista histórico e cultural. Para ele o diálogo entre diferentes coletivos de pensamento⁸ gera mudanças na compreensão dos conceitos e de teorias no coletivo em que é

8 São coletivos formados por membros que partilham de ideias e práticas comuns (estilo de pensamento).

tematizado, portanto eles são relativos entre si. Neste caso, entre as áreas da Matemática e da Educação. "Portanto, os fatos científicos construídos pelos coletivos de pensamento são assimilados e estilizados, ou seja, traduzidos em seu próprio estilo, por outros coletivos de pensamento. Tal tradução implica em modificação." (DELIZOICOV *et al*, 2002, p. 59).

Esse apontamento feito por Fleck enseja, por um lado, a interpretação de que nas bases epistemológicas da Ciência Moderna a Matemática é a substantivação e a Educação é apenas o caminho para a veiculação de processos e algoritmos matemáticos. De outro lado, enseja a interpretação de que a Educação Matemática é fruto do diálogo entre Matemática e Educação, em que a Educação pode ser tomada como substantivação e a Matemática como adjetivação. Em outras palavras, a Matemática qualifica a Educação. Por isso, o fazer e o compreender a Matemática também são reconfigurados (BURAK; KLÜBER, 2008).

Assumindo esta perspectiva de Educação Matemática para a Modelagem, no âmbito de ensino e de aprendizagem, é que refazemos algumas perguntas e inserimos outras: De quais sujeitos estamos falando? Dos sujeitos da aprendizagem escolar, que em muitos casos, não possuem vasto conhecimento matemático, precisam construí-lo do ponto de vista cognitivo e apropriarem-se da produção matemática veiculada culturalmente.

De quais conteúdos estamos falando quando nos referimos à Modelagem Matemática em Educação Matemática e à sala de aula na Educação Básica? Sem dúvida não são os mesmos que são utilizados pelo modelador profissional. São aqueles veiculados pelas diretrizes, consubstanciados pelos currículos e selecionados pelos professores, pretensamente adequados à idade, à capacidade cognitiva e considerados como conteúdos fundantes e relevantes sócio-historicamente.

Essa simples descrição dos sujeitos e dos conteúdos envolvidos no processo nos conduz a entender que os aspectos epistemológicos subjacentes às propostas de Modelagem possibilitam diferentes abordagens em sala de aula, bem como que a Modelagem em si não se constitui em método de ensino e de aprendizagem. Para que a Modelagem Matemática se constitua em uma prática educativa em âmbito escolar é necessário que leve em conta uma concepção de sujeito que apreende a relação que ele estabelece entre si e o objeto

matemático, a qual se assenta em bases epistemológicas coerentes com os propósitos de transmissão social e apropriação individual/cognitiva de conceitos e conteúdos matemáticos.

Ressalta-se, então, a instauração de um debate concernente às concepções de Educação Matemática e de Conhecimento que considere questionar: *O quê? Para quem? Por quê? Quando? e Como? No ensinar e aprender Matemática.* A concepção de Educação Matemática pautada exclusivamente na vertente epistemológica da Matemática não daria oportunidades aos sujeitos escolares, pois a aprendizagem não é, prioritariamente, tematizada em seu âmbito. Seria ingênuo pensar na formação de pequenos cientistas e investigadores matemáticos, uma vez que esse conceito foi um dos pilares do Movimento Matemática Moderna, o qual enfatizou, pois, as estruturas internas da Matemática como pressupostos para a aprendizagem. O conhecimento matemático ainda sofre influência filosófica de uma visão platônica do conhecimento, a qual tende a desvinculá-lo de sua produção histórica e social.

Portanto, a concepção de conhecimento também não é coerente com os pressupostos que acreditamos atenderem de maneira mais significativa uma Educação compatível com as necessidades atuais que se configuram como transnacionais, multidisciplinares, multidimensionais, globais e até mesmo planetárias (MORIN, 2006).

Há, nessa direção, a necessidade de se assumir uma concepção de conhecimento que compreenda e leve em consideração o que acontece na interação entre o sujeito e o objeto numa situação intencional de ensino e de aprendizagem, bem como uma concepção de Educação que conduza à crítica e não às simples aplicações ou reprodução de técnicas.

Sobre as proposições de Modelagem Matemática, pensamos em seus 'diálogos teóricos' com diferentes áreas do conhecimento. Acreditamos que uma proposição de Modelagem contribuirá realmente para o ensino e a aprendizagem da Matemática quando avançar no reconhecimento da importância de se conhecer quais são os sujeitos/indivíduos da aprendizagem envolvidos em seu processo. Tal reconhecimento poderá ocorrer de modo mais consistente, por meio da adoção explícita de bases epistemológicas de Educação Matemática e de Conhecimento, de tal maneira que não sejam incomensuráveis ou incompatíveis.

As concepções de Modelagem, descritas, constituem-se em boas noções para o foco de nossa questão central, uma vez que seus autores são referência de algumas das principais concepções de Modelagem no Brasil⁹, o que pôde ser evidenciado em KLÜBER (2009).

Todos os autores estudados mantêm alguma relação com as bases epistemológicas iniciais da Modelagem, aquela vinculada à Matemática Aplicada. Porém, os autores que mantêm, de maneira mais acentuada, a visão inicial são Bassanezi e Biembengut. Um indicativo dessa manutenção é a pouca interlocução com outras áreas do conhecimento que sustentam a Educação e a Educação Matemática evidenciada em suas publicações, fato que não favorece a transformação de alguns aspectos sobre a concepção de Educação Matemática e de Conhecimento, de Ensino, de Aprendizagem e do próprio objeto matemático. Já os autores Barbosa, Burak e Caldeira, citados anteriormente mostram um diálogo mais intenso com estes aspectos, uma vez que adotam, explicitamente, distintas posições teóricas nas atividades de Modelagem Matemática.

UM OLHAR SOBRE A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: OUTROS ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS

Uma compreensão sobre a natureza da Educação Matemática pode ser esclarecedora quando nos deparamos com os aspectos ressaltados até o momento. Conforme Rius (1989a e 1989b), uma discussão sobre a natureza da Educação Matemática foi iniciada por Higginson (1980), o qual propõe um 'modelo' explicativo constituído num tetraedro denominado "MAPS", no qual: M = Matemática; A = Filosofia; P = Psicologia; e S = Sociologia. Cada uma dessas áreas representa uma face do tetraedro.

Para Higginson, existiam confluências entre essas áreas, ou seja, interações aos pares, trios, ou entre todas elas. Tais confluências poderiam se encontrar nas suas componentes, representadas pelas faces, arestas e vértices, como, por exemplo, o encontro entre a Matemática e a Psicologia ou a Matemática e a Sociologia, e assim por diante, conforme a figura 1:

9 Evidentemente existem outros autores importantes, mas aqui não foram referenciados pela limitação de páginas. Em suma, não estamos interessados nos autores, mas na produção deles, a qual expressa a tradição em que estão inseridos e que, de algum modo, eles representam.

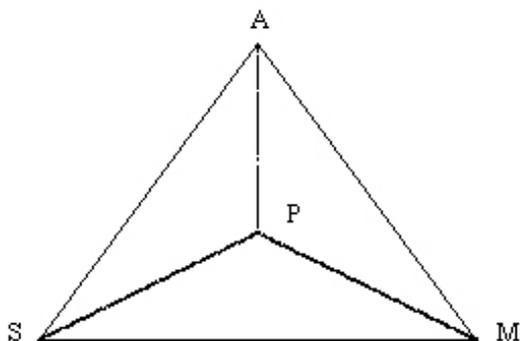


Figura 1: Tetraedro de Higginson

Esse modelo, mesmo obsoleto em relação às áreas que podem compor a Educação Matemática atualmente, contém uma ideia fundamental: a Educação Matemática não pode ser reduzida à Matemática (tampouco pode ser constituída sem ela), portanto, constitui-se numa relação interdisciplinar entre as diferentes áreas. Cada uma das faces do tetraedro enseja uma questão: a Filosofia está no âmbito do “por que ensinar”? A Sociologia está no âmbito do “para quem ensinar”? A Psicologia no âmbito do “como e quando ensinar”? E a Matemática no âmbito do “o que ensinar”?

Observemos que essa teorização expressa uma preocupação de cunho epistemológico no sentido de se esclarecer que apenas as bases matemáticas não conseguem abarcar a complexidade do processo educacional. Essa concepção agregada criticamente a outras áreas do conhecimento, como a Epistemologia, a Antropologia, a Psicologia, numa perspectiva cognitivista, a História e a própria História da Matemática, oferece caminhos para o entendimento das atividades de Modelagem Matemática em âmbito escolar, haja vista que permite, topologicamente, contemplar as múltiplas relações existentes neste âmbito.

Por esse motivo é que interpretamos ser de fundamental importância o reconhecimento das bases epistemológicas subjacentes às concepções de Modelagem Matemática, inclusive por parte do professor, para não ocorrer uma dicotomia entre o proposto e o praticado acerca daquilo que se desenvolve em sala de aula.

Ressaltamos que não estamos aqui dizendo qual perspectiva de Modelagem é melhor ou pior. Estamos apontando e sugerindo elementos para serem contemplados em estudos reflexivos que

tenham como objeto os aspectos epistemológicos de uma atividade qualquer, a qual, neste caso, é a atividade de Modelagem.

DESAFIOS PARA A PRÁTICA DA MODELAGEM NA EDUCAÇÃO BÁSICA EM RELAÇÃO ÀS BASES EPISTEMOLÓGICAS

Ao longo do ensaio perseguimos a questão: *Que implicações para a prática da Modelagem Matemática em Educação Matemática decorrem de distintas bases epistemológicas?* E para ela temos nessas páginas finais algumas considerações.

A adoção de qualquer método ou metodologia de ensino em sala de aula jamais pode ser destituída de uma concepção de Educação e de Conhecimento. Ao mesmo tempo, o contexto histórico e cultural do tripé aluno/professor/conhecimento não pode ser desconsiderado, uma vez que precede toda a situação de ensino.

Por isso, tanto em relação à Educação quanto ao Conhecimento, instaura-se uma urgência no tocante ao debate sobre o reconhecimento de bases epistemológicas que orientem os professores que se valem da Modelagem em sala de aula. Em decorrência dessa visão, um desafio se apresenta à formação de professores: *Com quais concepções de Educação Matemática e de Conhecimento os professores de Matemática, em formação inicial e continuada, têm convivido?*

Esse reconhecimento permitiria, em algum sentido, avançar para a superação de um estado pragmatista e imediatista da Educação, agregando valores e reflexões indispensáveis ao desenvolvimento de qualquer prática educativa, principalmente quando incidem sobre o foco central de nosso ensaio, a Modelagem Matemática.

Por outro lado, quando não há o reconhecimento desses aspectos, há a tendência de que o ensino de Matemática seja predominantemente empirista¹⁰. Assim, acredita-se que apenas o desenvolvimento da atividade embasada no fazer matemático e na própria prática do professor oferecerá as respostas para um bom desenvolvimento do ensino de Matemática, como se a aprendizagem fosse uma causa/consequência imediata do ensino.

Essa perspectiva caracteriza-se como problemática, uma vez que impede avanços significativos no reconhecimento de aspectos

10 A noção de empirismo apresentada aqui é uma posição extremada e genérica. Nele a experiência é a única fonte (origem) de conhecimento, ou a seja, desconsidera o processo que a razão exerce na construção do conhecimento. (HESSSEN, 1980).

como: o conteúdo, o sujeito da aprendizagem, o papel da construção do conhecimento e outros; que, em nosso entender, constituem-se como inerentes a qualquer prática educativa. Essa perspectiva, portanto, não é condizente com uma base epistemológica que leva em consideração não apenas o fazer, mas o compreender a Matemática, aliada a uma concepção de sujeito que aprende e uma concepção de construção de conhecimento.

Por outro lado, quando há o reconhecimento desses aspectos, emerge a possibilidade de um ensino diferenciado, o que ainda não garante o sucesso, mas sem dúvida o potencializa a sair da imobilidade. Igualmente, emerge uma prática mais reflexiva, com mais elementos que podem contribuir para alguma melhoria no âmbito do ensino e da aprendizagem da Matemática, por meio da Modelagem.

Nesse sentido, este ensaio se constitui em uma preocupação e provocação intencional para que mais estudos e investigações sejam efetuados no tocante às bases epistemológicas. Isso por considerarmos essencial um olhar mais crítico e profundo sobre a prática pedagógica em sala de aula. Entendemos, ainda, que essas reflexões extrapolam as discussões sobre a Modelagem e, por isso mesmo, enfatizamos a importância de serem feitas acerca dela própria.

EPISTEMOLOGICAL BASES AND IMPLICATIONS TO PRACTICES OF MATHEMATICAL MODELING IN MATHEMATIC EDUCATION CLASSROOMS

ABSTRACT

Given the scarcity of studies and discussions about epistemological foundations that might guide the practice of mathematical modeling in classrooms, this essay develops itself around the question: *What implications for the practice of mathematical modeling in mathematics education result from different epistemological bases?* It presents aspects that can promote the understanding of some of these bases, which involve distinct looks on the practices of mathematical modeling in this context. The research approach adopted thins with phenomenology-hermeneutics. The interpretations made explicit indicates that from the recognition of distinct epistemological bases emerges distinct modeling practices.

Keywords: Epistemology. Educational Research. Mathematics Education. Classroom.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. C. *Modelagem matemática: concepções e experiências de futuros professores*. Rio Claro, 2001. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001a.
- _____. *Modelagem na educação matemática: contribuições para o debate teórico*. In: Reunião Anual da ANPED, 24, 7 a 11 de outubro, 2001, Caxambu, *Anais da 24ª Reunião Anual da ANPED*. Rio de Janeiro: ANPED, 2001b, p. 1-15.
- BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo: Contexto, 2002.
- BEAN, D. *Modelagem na perspectiva do pensamento*. In: Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática – CNMEM, 3, out., 2003, Piracicaba, *Anais*. Piracicaba – SP, 2003, p. 1-11.
- BICUDO, M. A. V. *A pesquisa qualitativa fenomenológica à procura de procedimentos rigorosos*. In: BICUDO, M. A. V. *Fenomenologia: confrontos e avanços*. São Paulo: Cortez, 2000. p. 70-102.
- BIEMBENGUT, M. S. *Modelagem matemática como método de ensino aprendizagem de matemática em cursos de 1º e 2º graus*. Rio Claro, 1990. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Programa de Pós-graduação em Educação Matemática, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 1990.
- _____. *Qualidade no ensino de matemática na engenharia: uma proposta metodológica e curricular*, Florianópolis, 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Curso de Engenharia de Produção e Sistema, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.
- _____. *Modelagem matemática & implicações no ensino-aprendizagem de matemática*. Blumenau: Ed. FURB, 1999.
- BURAK, D. *Modelagem matemática: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem*. Campinas, 1992. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1992.
- _____. *Formação dos pensamentos algébricos e geométricos: uma experiência com modelagem matemática*. *Pró-Mat.* – Paraná. Curitiba, v.1, n.1, p. 32-41, 1998.
- _____. *A modelagem matemática e a sala de aula*. In: I Encontro Paranaense de Modelagem em Educação Matemática – I EPMEM, 1. Londrina, 2004. *Anais*. Londrina: UEL, p. 1-10.
- BURAK, D.; KLÜBER, T. E. *Educação matemática: contribuições para a compreensão da sua natureza*. *Acta Scientiae*, Canoas, v.10, n.2, jul./dez., p. 93-106, 2008.
- CALDEIRA, A. D. *Modelagem matemática na formação do professor de matemática: desafios e possibilidades*. In: V Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2004, Curitiba. *Anais*. Curitiba: UFPR, 2004. v. 1, p. 1-11.

_____. A Modelagem Matemática e suas relações com o Currículo. In: IV Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática – CNMEM. 4, 2005. *Anais*. Feira de Santana: UEFS, p. 1-9.

DELIZOICOV, D. *et al.* Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial Fleckiano. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, Florianópolis, v. 19, n. especial, p. 52-69, dez. 2002.

FLECK, L. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Prólogo de Lothar Schäfer e Thomas Schenelle. Madrid: Alianza Universidad, 1986. 200p.

HESSSEN, J. *Teoria do conhecimento*. 7. ed. Coimbra: Arménio Amado, 1980.

INCOMENSURABILIDADE. In: ABBAGNANO, N. *Dicionário de Filosofia*. São Paulo: Martins fontes, 2007, p. 631-632.

KLÜBER, T. E. *Modelagem matemática e etnomatemática no contexto da educação matemática: aspectos filosóficos e epistemológicos*. Ponta Grossa, 2007. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG, 2007.

_____. Um olhar sobre a modelagem matemática no Brasil sob algumas categorias fleckianas. *Alexandria*, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 219-240, jul. 2009.

KLÜBER, T. E.; BURAK, D. Concepções de modelagem matemática: contribuições teóricas. *Educ. Mat. Pesqui.*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 17-34, jan.-jun., 2008a.

_____. A fenomenologia e suas contribuições para a educação matemática. *Práxis Educativa*. Ponta Grossa, v.3, n.1, p. 95-99, jan-jun, 2008b.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1987.

MORIN, E. *A Cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v.13, n.3, p.184-196, dez.1996.

RIUS, E. B. La educación matemática: una reflexión sobre su naturaleza y sobre su metodología (primera de dos partes). *Iberoamérica – México*, v. 1, n. 2, p. 28-42, ago. 1989a.

_____. La educación matemática: una reflexión sobre su naturaleza y sobre su metodología (segunda y última parte). *Iberoamérica – México*, v. 1, n. 3, p. 30-36, dez. 1989b.

SANTOS, B. V. de. S. *Um discurso sobre as ciências*. 4. ed. São Paulo. Cortez, 2006.

SKOVSMOSE, O. *Educação crítica: incerteza, matemática, responsabilidade*. São Paulo: Cortez, 2007.

Recebido em setembro de 2013.

Aprovado em novembro de 2013.