

O que pensam os professores sobre a Modelagem Matemática? What do the teachers think on Mathematical Modelling?

*Jonêi Cerqueira Barbosa**

RESUMO: O objetivo deste artigo é descrever a percepção de professores de matemática acerca da Modelagem Matemática no ensino-aprendizagem. Assim, conduzi um estudo qualitativo, operacionalizado através de entrevista aberta baseada no conceito de livre associação de idéias. Na abordagem dos dados, utilizei Análise de Conteúdo e, especificamente, a técnica da categorização. Concluo que os professores concordam que a Modelagem traz vantagens para a aprendizagem matemática, porém reconhecem obstáculos.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem Matemática, ensino-aprendizagem, professores, percepção.

ABSTRACT: The proposal of this article is to describe Mathematics teachers perception concerning the Mathematical Modelling in the teaching-learning. Using the qualitative perspective, I made open interviews which is based in the free association of ideas concept. When approaching the data, I used the Content Analysis, and the categorization technique in particular. I would like to point out that the teachers agree that the Mathematical Modelling brings advantages to the Mathematics learning. However, the teachers recognize by themselves that there are obstacles.

KEY-WORDS: Mathematical Modelling, teaching-learning, teachers, perception.

* Mestrando em Educação Matemática (UNESP-Campus de Rio Claro).

Embora não seja responsável pelas posições adotadas neste artigo, agradeço à Prof^a. Jussara de L. Araújo (Dep. de Matemática - UFMG) por seus comentários à versão preliminar deste artigo.

I. Matemática e Aplicações - uma tendência na Educação Matemática

Sabe-se que o ensino de Matemática sempre foi alvo das atenções sociais especialmente após as demandas decorrentes da industrialização (MIORIM, 1998). Atualmente, esta disciplina escolar ocupa lugar de destaque, sobressaindo-se entre as demais. É fato também que a Matemática têm trazido preocupações a professores, alunos, pais e à sociedade, diante do baixo rendimento escolar tal como atestados dados do MEC (1997, p. 10).

Diversos educadores matemáticos (ABREU, 1993; CARRAHER, CARRAHER & SHLIEMANN, 1995; D'AMBROSIO, 1996; IMENES & LELLIS, 1994) têm apontado a inadequação entre as necessidades sócio-culturais e a abordagem corrente nas escolas como fator preponderante nas dificuldades de aprendizagem.

Apesar de diversas iniciativas para alterar este quadro, creio que ainda prevalece nas salas de aulas um currículo¹ associado a um momento histórico anterior, com fortes influências do movimento chamado de Matemática Moderna. Entretanto, as necessidades presentes são outras. Podemos ver que a matemática está, de forma crescente, em nosso cotidiano pessoal e coletivo, figurando na operacionalização da vida diária e nos diversos campos profissionais. Por outro lado, tem-se produzido muito conhecimento matemático face às novas demandas emergentes, como Fractais, Fuzzy, Grafos, Teoria da Forma, Teoria da Bifurcação e outros (SANTALÓ, 1990). Além disso, o avanço tecnológico requer, cada vez mais, o domínio de habilidades matemáticas para o exercício da cidadania. Assim, o domínio de determinadas habilidades matemáticas pelo cidadão constitui-se num dos requisitos para mover-se na sociedade.

Este contexto de velozes transformações implica em novos contornos educacionais. Busca-se uma educação mais voltada para o bom desempenho do cidadão no seu cotidiano, o qual está impregnado de matemática. Assim, torna-se importante que a matemática escolar extrapole seus próprios limites disciplinares, buscando realizar conexões com a realidade. Entendo realidade, tal como BLUM e NISS (1991, p. 37), como sendo o mundo não-matemático, ou seja, áreas do conhecimento diferentes da matemática enquanto disciplina autônoma, a vida diária e o mundo ao nosso redor. Nesta perspectiva, há opiniões radicais, como verbaliza DOLGOS e ELIAS (1996, p. 728): *a sala de aula precisa tornar-se um laboratório para descobrir as maneiras pelas quais a matemática pode ser usada como instrumento para ser aplicada em situações do mundo real*. Não pretendo assumir esta postura, mas assinalar a importância da integração de situações reais na sala de aula como meio tanto para acessar o mundo matemático quanto para compreender e intervir no meio social. É pertinente destacar ALSINA, CALLÍS e FIGUERAS (1998, p. 97) quando afir-

1. Entendo currículo como o conjunto das experiências de conhecimento proporcionadas aos alunos.

mam que utilizar situações reais para fazer matemática na escola deve ser, antes de tudo, um instrumento para saber interpretar a realidade matematicamente com o fim de que possa ser útil ao aluno para se mover melhor no seu meio e atuar sobre este.

REEUWIJK (1997) assinala algumas vantagens desta abordagem, tais como: motiva os alunos; desenvolve atitude crítica e flexível perante a realidade; gera interesse pela ciência em geral; desperta a criatividade e impulsiona os alunos para estratégias informais. Além destas, os alunos compreendem os conceitos matemáticos conectados com outros significados, podendo facilitar o entendimento desses (BORBA, 1997a, 1997b).

Portanto, há evidências de que a integração de atividades matemáticas escolares com situações da realidade pode contribuir para a aprendizagem de matemática, tendendo a satisfazer, de forma mais eficiente, às necessidades do indivíduo para a vida social.

II. Modelagem Matemática no ensino-aprendizagem

A Modelagem Matemática é um método da matemática aplicada, usada em grande variedade de problemas econômicos, biológicos, geográficos, de engenharia e outros ramos. Seu objetivo é reduzir um fenômeno em termos idealizados da situação real para termos matemáticos (ACROSS & MOSCARDINI, 1985). Esta estrutura matemática que descreve aproximadamente as características do fenômeno denomina-se Modelo.

Este método foi apreendido e transposto para o terreno do ensino-aprendizagem como uma das formas de utilizar a realidade nas aulas de matemática, tornando-se um tema bastante caro para a comunidade internacional e fazendo-se constar nas reuniões do ICME - *International Congress on Mathematical Education* - (BLUM & NISS, 1991). Alguns países têm conduzido projetos com o intuito de integrar a Modelagem ao currículo, como Estados Unidos, Grã-Bretanha, Austrália, Holanda e Alemanha (BLUM, 1993).

BLUM e NISS (1991, p. 40) usaram a terminologia *Aplicações e Modelagem* para designar as várias formas de conectar a realidade com a Matemática, de modo que destacam a parte mais importante neste processo - a construção do modelo. Já em BLUM (1993, p. 5), usa-se apenas o termo *Modelagem*, porém num sentido mais extensivo em relação ao anterior sob o argumento de ocorrer uma tendência internacional para alargar as visões de aplicações, modelos, matematizações, modelagem, ligações entre matemática e outros campos, e assim por diante.

Deste modo, há várias maneiras de conceber e materializar a Modelagem na sala de aula, de modo que as menciono brevemente sob pena de fugir aos propósitos des-

te artigo. PONTE (1993, p. 223) aponta-nos três meios principais em que a Modelagem pode aparecer no currículo: projetos extensos que podem durar semanas ou meses; situações que podem requerer uma ou duas aulas; atividades mais simplificadas, muitas das quais podem ser concluídas numa aula. Estas formas de implementar a Modelagem na sala de aula podem se organizar de diferente maneiras:

- a Modelagem pode servir como motivação para introduzir novos conceitos e/ou aplicar conhecimentos adquiridos anteriormente;
- a escolha de um tema e a formulação do problema não-matemático a ser modelado podem ficar sob responsabilidade do professor ou do aluno;
- a Modelagem pode estar integrada a um programa pré-definido ou pode se constituir numa atividade extra; e assim por diante.

Enfim, a organização das atividades de Modelagem depende em muito das possibilidades do contexto escolar e do nível de flexibilidade do professor perante o método.

Cabe destacar a via dos projetos como particularmente importante, sendo a mais difundida no Brasil (FIORENTINI, 1996). Concebo esta modalidade como bastante apropriada devido às suas conotações sócio-político-culturais (idem), bem como pela possibilidade de propiciar a experiência dos alunos com a Modelagem em todas as suas fases. Segundo BASSANEZI (1994a, p. 31), o qual se utiliza desta modalidade, *o uso da Modelagem conduz para o ensino de conteúdos matemáticos conectados com outras formas de conhecimento*. Obtém-se daí duas decorrências a assinalar: a Modelagem pode suscitar motivações para a introdução de novas idéias e conceitos matemáticos como citei anteriormente; o conhecimento explorado é de natureza interdisciplinar, permitindo a compreensão e interpretação da realidade vivida.

BASSANEZI e BIEMBENGUT (1997) dão-nos algumas pistas de como proceder nesta abordagem:

1. Escolher um tema central para ser desenvolvido pelos alunos;
2. Recolher dados gerais e quantitativos que possam ajudar a elaborar hipóteses;
3. Elaborar problemas conforme interesse dos grupos de alunos;
4. Selecionar as variáveis essenciais envolvidas nos problemas e formulação das hipóteses;
5. Sistematização dos conceitos que serão usados na resolução dos modelos;
6. Interpretação da solução (analítica e, se possível, graficamente);
7. Validação dos modelos.

Tem-se concluído que a Modelagem Matemática reorganiza a dinâmica da sala de aula, alterando o foco do trabalho escolar do professor para a unidade "aluno - professor" (BURAK, 1992). O professor possui grande responsabilidade nesta abordagem, sendo o seu papel o de problematizar e realizar a ligação entre as idéias exploradas no processo de modelagem e o saber sistematizado.

O ensino de Matemática através da Modelagem já foi utilizado em diversas oportunidades no Brasil tais como em cursos regulares, cursos para biocientistas, programas especiais para professores e projetos de iniciação científica (BASSANEZI, 1994a). Diversas dissertações e teses de pós-graduação têm abordado este método e sua viabilidade na matemática escolar do ensino fundamental e médio (BIEMBENGUT, 1990; BURAK, 1987, 1992), em cursos de aperfeiçoamento de professores (GAZZETA, 1989), no ensino superior (BIEMBENGUT, 1997; BORBA, 1997a, 1997b; FRANCHI, 1993) e na formação de adultos (MONTEIRO, 1992).

III. Modelagem e os professores de matemática

A Modelagem imprime características próprias ao trabalho escolar, de modo que exige do professor uma postura correspondente. Assim, por exemplo, a apresentação de estruturas matemáticas não mais se constituem em foco central do estudo, mas num recurso de organização de idéias exploradas e/ou investigadas. As noções de certeza e precisão são abaladas, e passa-se a lidar com respostas aproximadas, podendo-se, inclusive, obter várias "soluções". Os alunos podem encontrar diferentes caminhos para abordar uma situação-problema ou mesmo pode superar o professor no que tange ao refinamento de modelos. E assim por diante de modo a citar somente algumas características singulares.

Portanto, a Modelagem redefine o papel do professor no momento em ele perde o caráter de detentor e transmissor do saber para ser entendido como aquele que está na condução das atividades, numa posição de participe. Concebo a palavra "condução" no sentido de "problematizar" e direcionar as atividades escolares.

Entretanto, a adesão a uma postura assim caracterizada não é instantânea. Sabemos que as atitudes do professor articulam-se com suas concepções, as quais sabemos que não se alteram facilmente (THOMPSON, 1992).

BURAK (1992) discute o quão os professores estão cientes de suas inseguranças nas atividades de Modelagem, mas também identifica que a implementação deste método acaba por alterar suas posturas didáticas. Há evidências de que as dificuldades dos professores advêm principalmente da forma-

ção inicial, e esta assertativa ganha reforço se tomarmos como referência a organização das Licenciaturas (PAGOTTO, 1998).

Alguns autores (BASSANEZI, 1994b; BLUM & NISS, 1991) têm apontado que os professores constituem um dos principais obstáculos para a implementação da Modelagem Matemática na escola. Assim sendo, optei por investigar a percepção de professores acerca do método. Entendo *percepção* como *ato de trazer coisas à consciência através do uso dos sentidos e sobretudo o ato de as nomear e identificar como objetos no mundo externo* (GILES, 1993). Esta preocupação decorre da necessidade de conhecer a visão dos professores que, por certo, pode ter implicações em sua práxis docente (THOMPSON, 1992), de modo que os formadores possam refletir acerca de estratégias de formação no que tange à Modelagem.

IV. Objetivo do Estudo

O objetivo deste estudo é descrever a percepção de professores de matemática acerca da Modelagem Matemática no ensino-aprendizagem desta disciplina.

V. Procedimentos metodológicos

O método e a técnica

Em consonância com o objetivo, conduzi um estudo de natureza qualitativa, visando conhecer e discutir predisposições, sem preocupações em quantificar os resultados. Conforme nos ensina D'AMBROSIO (1996, p. 103) *a pesquisa é focalizada no indivíduo, com toda a sua complexidade, e na sua inserção e interação com o ambiente sócio-cultural e natural.*

DENZIN e LINCOLN (1994, p. 2) caracterizam a pesquisa qualitativa como *uma abordagem interpretativa e naturalística para seu assunto. Isto significa que os pesquisadores qualitativos estudam as coisas em seu contexto natural, tentando dar sentido ou interpretar fenômenos em termos dos significados que as pessoas trazem para elas.*

Em palavras semelhantes, BOGDAN e BIKLEN (1998) entendem a pesquisa qualitativa como aquela em que os pesquisadores têm como alvo *melhor compreender o comportamento e a experiência humana. Eles procuram entender o processo pelo qual as pessoas constroem significados e descrevem o que são aqueles significados* (BOGDAN e BIKLEN, 1998, p. 38).

Os mesmos autores elucidam ainda algumas características básicas desta pesquisa que reforçaram nossa escolha: ter o ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento-chave, preocupado com o processo (o subjetivo) e não simplesmente com o resultado objetivo; é uma pesquisa descritiva; o significado que os sujeitos dão às coisas é a preocupação essencial.

Tendo em vista que o interesse recai sobre o indivíduo e suas atitudes, valores e opiniões, ou seja, o que Minayo denomina de *dados subjetivos*, o recurso que elegi para a operacionalização foi a entrevista aberta, na qual o informante discorre livremente sobre o tema que lhe é proposto (MINAYO, 1996, p.108).

Com efeito, achei conveniente não intervir na entrevista visando possibilitar a evidência das idéias que fossem mais importantes para os entrevistados. Assim, foi apresentada uma questão aberta e genérica, como se segue: *Qual seu modo de pensar acerca da 'Modelagem Matemática' como um método de ensino-aprendizagem?*. O entrevistado pôde falar segundo a ocorrência da chamada *livre associação de idéias*, conceito que importo da psicanálise e que consiste em *expressar indiscriminadamente todos os pensamentos que acodem ao espírito, quer a partir de um elemento dado (no caso, uma questão aberta)... quer de forma espontânea* (LAPLANCHE & PONTALIS, 1979, p. 71).

As entrevistas foram realizadas por via escrita, modalidade prevista por MINAYO (1996, p. 126). Esta escolha deve-se às limitações do contexto e dos sujeitos que formaram o grupo pesquisado quanto à disponibilidade de tempo para entrevistas individuais. Este fato poderia constituir um viés da metodologia aplicada, porém, quero relativizá-lo, tendo em vista que me ocupei com a percepção que pvoa a mente dos professores no tocante à Modelagem, de modo que está fora de meu foco aprofundar outras dimensões.

O Contexto e os sujeitos

O grupo de professores pesquisados foi composto pelos participantes do mini-curso MC440 - *Modelação Matemática: a matemática no dia-dia e o dia-dia na matemática* - (BARBOSA, 1998, p. 213) que ministrei dentre as atividades do VI Encontro Nacional de Educação Matemática.

Este mini-curso teve a duração de 3 horas e nele tratei de Modelagem no ensino-aprendizagem de matemática, tanto na perspectiva de aplicar como de ensinar conceitos através deste método.

O trabalho do mini-curso estruturou-se da seguinte maneira:

1. Discussão sobre os rumos da sociedade e da educação e suas implicações na educação matemática; e a realidade como recurso didático na matemática escolar;
2. Apresentação da proposta de Modelagem Matemática para o ensino-aprendizagem, conforme já indicada na parte II desta apresentação;
3. Aplicação de atividades parciais de Modelagem executadas anteriormente por este autor em sua prática docente;
4. Discussão das formas de se conduzir estas atividades descritas no item 3;
5. Conclusão, discutindo vantagens e obstáculos.

O questionário foi aplicado aos participantes no final do mini-curso, o que permite pressupor a influência desta experiência no resultado das entrevistas. A vivência pessoal anterior dos professores foi bastante assinalada nas entrevistas, conforme pude verificar na análise dos dados.

Os sujeitos da pesquisa foram 40 professores participantes do mini-curso, sendo oriundos dos Estados de RS, SP, BA, RJ, SC, RN, DF, PA, PR e MG. O quadro a seguir permite conhecer melhor o perfil dos entrevistados:

Escolaridade	Graduação - 62,5% Especialização - 25% Mestrado - 10% Doutorado - 2,5%	Nível que leciona	1 ^o grau - 60% 2 ^o grau - 42,5% Superior - 15% Outros - 7,5%
Experiência Profissional	0 a 5 anos - 47,5 % 5 a 10 anos - 17,5 % 10 a 15 anos - 22,5% 15 a 20 anos - 0,0% mais de 20 anos - 12,5%	Tipo de instituição em que leciona	Pública - 60% Privada - 37,5% Outros - 17,5%
Participou de algum curso sobre Modelagem	Sim - 40% Não - 60%	Tentou implementar a Modelagem na sala de aula	Sim - 55% Não - 45%

Da análise deste quadro, infere-se a representatividade de diferentes realidades e experiências educacionais, tendo maior potencialidade para capturar o ponto de vista dos professores.

Tratamento dos Dados

Nesta fase não foi meu propósito trabalhar os dados coletados nas entrevistas segundo uma organização rígida, mas antes buscar compreendê-los e interpretá-los de modo significativo, compondo um todo compreensível, harmonioso e fiel ao conjunto das entrevistas.

Com efeito, baseie-me no método da Análise de Conteúdo, o qual, de acordo com Bardin, *é um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores... que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção... destas mensagens* (BARDIN, 1979, p. 42).

Sendo assim, procurei não me limitar às evidências, mas investigar os significados das mensagens intencionais ou não intencionais e explícitas ou implícitas, indo além da aparência comunicada.

Para abordar os dados à luz do método da Análise de Conteúdo, escolhi a categorização definida enquanto *uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero, com os critérios previamente definidos* (BARDIN, 1979, p. 117). Assim, agrupei as idéias manifestas em torno de conceitos mais amplos de tal modo a compreender melhor a percepção dos entrevistados. Na elaboração das categorias, atentei para os critérios de exclusão mútua, homogeneidade, pertinência, produtividade, objetividade e fidelidade, conforme comenta BARDIN (1979, p. 120).

E por fim, na discussão do material obtido, objetivei confrontá-lo com idéias discutidas na literatura, bem como pretendi iluminar questões ainda ofuscadas.

Limitações do estudo

Devido à natureza do objeto de estudo e à metodologia empregada, marcadas pela subjetividade, não se pode daqui depreender-se formulações gerais para toda a população de professores. Esta característica é deliberadamente implícita à abordagem qualitativa, uma vez que, ao desejar conhecer em profundidade, debruça-se cientificamente sobre o particular.

As interpretações aqui construídas referem-se aos sujeitos desta pesquisa, de modo que não pretendo absolutizá-las em relação a outros contextos e sujeitos. Mas as conclusões que emergem deste trabalho oferecerão pressupostos para novos fenômenos, no sentido de observar se são úteis à compreensão de casos e situações.

VI. Resultados: à guisa de uma discussão

A apresentação e discussão dos dados dar-se-ão em torno de três categorias:

A Modelagem traz vantagens para o ensino-aprendizagem de matemática;

Obstáculos para a implementação da Modelagem;

Abstenção de Resposta.

A Modelagem traz vantagens para o ensino-aprendizagem de matemática

Os professores entrevistados reconheceram a relação entre realidade e o mundo matemático como um dos aspectos mais positivos da Modelagem. Assim, pareceu aceita a idéia de que este método conduz a um trabalho de natureza interdisciplinar, o qual requer diálogo constante com outras áreas do conhecimento. Eles perceberam a necessidade de transformação na postura do professor que deve diferir substancialmente da chamada "escola tradicional", conforme detalharemos na discussão da próxima categoria. Estes dados vão na direção ao que BURAK (1992) constatou também em entrevistas. Indo além, infiro que por detrás desta percepção está a idéia de que a Modelagem na sala de aula reorganiza as relações de conhecimento entre professor e aluno, com nova divisão de responsabilidades.

Pareceu-me importante quando os entrevistados enfatizaram a necessidade de sistematização das idéias exploradas no processo de modelar. Para ilustrar, vejamos a fala de um professor: *... consegue-se usar a matemática que o aluno chama de matemática real ou da sua realidade, sem desconsiderar o ensino da matemática como ciência.* Parece-nos claro que a percepção corrente entre os entrevistados foi ver a Modelagem como um meio de materializar uma ligação equilibrada entre o contexto não-matemático e o matemático. Creio bastante oportuna esta visão, um vez que as investigações convergem também neste sentido, conforme conclui Kaiser-Messmer num estudo comparativo entre a experiência inglesa e alemã: *A introdução do conceito tem que achar uma ponderação entre a abordagem informal, centrada no contexto e a mais formal, centrada matematicamente* (KAISER-MESSMER, 1993, p. 215).

Numa perspectiva sócio-cultural, foi visualizada a possibilidade de explorar a matemática na escola, levando-se em consideração o contexto social no qual está inserido o aluno. Usando uma das entrevistas, transcrevo o trecho - *... desenvolve uma matemática inserida no contexto social do aluno* -, no qual há uma aproximação ao *argumento de alternativa epistemológica* para uso da Modelagem na escola, defendido por BASSANEZI (1994b, p. 73). Com efeito, os professores assinala-

ram acreditar que devido a esta ligação entre a realidade do aluno e o trabalho escolar, a compreensão dos conceitos e idéias matemáticas estaria assegurada.

Foi reconhecido que a Modelagem é um meio pelo qual os alunos podem manejar a Matemática enquanto *processo em construção* em oposição à idéia de *corpo estruturado e pronto*, conforme ilustra o trecho seguinte de uma entrevista: *É interessante na medida em que proporciona a oportunidade dos alunos vivenciarem a matemática não como algo pronto e acabado, mas sim como uma ciência viva que pode contribuir em várias situações práticas, do dia-dia.* De fato, a crença subjacente a estas palavras é que a Modelagem possibilita o acesso ao conhecimento matemático a partir de indagações, tentativas, experimentações etc., sobre situações quotidianas. Esta percepção coincide com uma das principais razões para a proposta da Modelagem, sob minha ótica, que é evidenciar o papel social da matemática.

Alguns depoimentos acreditam que a Modelagem conduz os alunos a usarem a matemática no seu dia-a-dia. Partem do princípio de que se os alunos investigam a realidade com o suporte matemático na escola, assim continuarão fazendo no seu cotidiano. Convém aqui recordar que BORBA (1997b), em sua experiência com turmas do curso de Biologia, alerta-nos para a necessidade de um estudo longitudinal para investigar se, verdadeiramente, os alunos mantêm a mesma postura em ambientes não-escolares.

No que tange a materiais de apoio para a Modelagem, foi reconhecido que o uso do computador enriquece esta metodologia. Esta percepção converge para as várias iniciativas de conjugar a Modelagem e as novas tecnologias, como em MESQUITA, MARQUES e CARREIRA (1992), WISEMAN e ARMSTRONG (1993), HOBBS e READ (1995), BEARE (1996), MARYUKOV (1996) e BORBA (1997a, 1997b). Estas indicações bibliográficas têm dado evidências de que computadores e calculadoras gráficas enriquecem o processo de Modelagem, possibilitando outras oportunidades de exploração e investigação.

Uma das características mais citadas pelos professores refere-se ao desenvolvimento da postura dos alunos para a pesquisa e a experimentação, do raciocínio e da autonomia. Diversas falas vão neste sentido, de tal maneira que cito algumas: *...uma forma de buscar tirar o raciocínio dos alunos... ; ...faz com que o aluno comece a pensar... ; ...é muito interessante por que os alunos pensam, pesquisam... ; ...É uma forma de fazer com que o aluno investigue matemática....* Este reconhecimento também é defendido por BLUM e NISS (1991), usando a terminologia de *argumento formativo*, como uma das justificativas para enfatizar Modelagem e Aplicações na atividade escolar.

E por fim, algumas entrevistas vêem que a Modelagem pode tornar possível a ligação entre vários conteúdos, possibilitando ainda a retomada de conceitos já

trabalhados, imprimindo, desse modo, um caráter espiral ao currículo. Esta é uma característica natural das atividades de Modelagem, tendendo a ocorrer uma junção entre conhecimentos anteriormente desenvolvidos bem como, possivelmente, o surgimento de esboços de novas idéias que ocorrem no processo de modelar.

Portanto, os professores validam a Modelagem como um método que traz vantagens para o ensino-aprendizagem de matemática, ainda que tenham identificado dificuldades na sua implementação, conforme discutiremos a seguir.

Obstáculos para a implementação da Modelagem

Os dados deste estudo identificam que os professores vêem dificuldades na implementação da Modelagem Matemática na sala de aula, concentrando-se em três eixos: alunos, escola e professores.

Algumas opiniões vão no sentido de conceber os alunos como indivíduos sem motivação para a aprendizagem, inferindo-se deste modo sua despreparação para esta abordagem, conforme podemos notar nestas transcrições: *a falta de vontade dos alunos em pensar é incrível ; os alunos não querem se esforçar para pensar ; há uma resistência muito grande sobre qualquer atividade que se dá para pensar.* Confrontando com a literatura, FRANCHI (1993) nos relata sobre a dificuldade dos alunos na fase inicial do trabalho com modelos em sua experiência:

Eles estão acostumados a ver o professor como transmissor de conhecimentos e, portanto, têm uma postura passiva em relação à aula. Esperam receber explicações e participar apenas fazendo perguntas ou resolvendo exercícios. Quando o trabalho coloca o centro do processo ensino-aprendizagem nos alunos, e quando os resultados dependem da ação deles, a aula passa a caminhar em ritmo lento, pois eles não estão acostumados a agir e nem sempre sabem o que fazer, ou por onde começar (FRANCHI, 1993, p. 102).

Portanto, é razoável compreender esta atitude inicial dos alunos considerando a tradição hegemônica escolar de passividade perante o conhecimento.

O contexto escolar, na visão dos entrevistados, pode inibir iniciativas dos professores. Falou-se em *currículo atual; conteúdos; realidade da escola pública; vestibular e tempo* como barreiras que a institucionalidade oferece à implementação da proposta de Modelagem. É importante notar como os professores valorizam o cum-

primento dos programas, os quais têm relação direta com os livros didáticos adotados por eles. Penso que este respeito aos programas deve-se, em boa parte, à pressão dos demais atores do ambiente escolar, entre eles supervisores, diretores e os pais. Daí, inclusive, levanta-se a questão do vestibular que assume lugar preponderante no ensino médio, especialmente nas instituições privadas.

Estes dados encontram respaldo nas observações de BLUM e NISS (1991) e BASSANEZI (1994b) que destacam os obstáculos de natureza instrucionais. Eles enfatizam que os programas pré-fixados nos cursos regulares e a necessidade de tempo para desenvolver o processo de Modelagem como geradoras de possíveis dificuldades.

E, como já identificado por BLUM e NISS (1991) e BASSANEZI (1994b), os professores reconhecem a si mesmos como barreira à proposta da Modelagem, como ilustra os depoimentos: *a falta de preparação por parte dos professores é bastante grande; o professor não tem preparação adequada para desenvolver tal trabalho.*

Creio que os professores associam a implementação deste método com mudanças nas suas atitudes em relação à matemática, educação e educação matemática. Assim, associam o sucesso da Modelagem à competência do professor na condução das atividades, como podemos depreender destas falas: *depende da pesquisa por parte do professor, as dificuldades são relativas à preparação dos professores ;exige do professor uma constante reflexão do que é trabalhado.* De fato, a adoção da Modelagem demanda maiores qualificações do professor como, por exemplo, a disposição para adquirir conhecimentos interdisciplinares. Mas ele necessitará, sobretudo, de espírito inovador, aumentando sua iniciativa para a pesquisa e de flexibilidade perante os obstáculos. Aqui é bastante oportuna a transcrição do trecho da entrevista de um professor que vem tentando implementar a proposta: *Encontro vários obstáculos como falta de idéias, como estabelecer conexões, incentivar a participação e criação dos meus alunos.* Estes embaraços indicam a tentativa do professor em superar seus próprios limites em relação ao uso da Modelagem.

Sou levado a acusar que as possíveis dificuldades dos professores com Modelagem Matemática não são redutíveis à questão da competência profissional por si mesma, mas perpassam por sua formação acadêmica. Com efeito, foi identificada a necessidade das Licenciaturas abordarem esta temática, conforme fala transcrita: *acho que deveria ocorrer durante os cursos de formação de professores já uma preparação para utilizar esse método na sala de aula.* É importante esta observação pois, geralmente, a Licenciatura não trata de Modelagem Matemática na perspectiva do ensino-aprendizagem. E quando esta é abordada, ocorre sob o aspecto mais informativo do que formativo, sem que de fato se ofereçam recursos teóricos e práticos ao futuro professor.

Abstenção de Resposta

Defini esta categoria a fim de citar três entrevistados que se abstiveram de comentar a pergunta colocada, sob o argumento de que era a primeira vez que estavam tomando contato com a Modelagem e necessitariam maior conhecimento sobre este método. Cito as falas a seguir:

É a primeira vez que ouço falar em Modelagem Matemática;

Como foi o primeiro curso sobre Modelagem, começarei a pensar mais seriamente;

Para mim é difícil falar em Modelagem, por não ter um conhecimento mais aprofundado do assunto.

A meu ver, isto mostra que, apesar de sua presença na Educação Matemática, a Modelagem continua distante dos professores e, portanto, das salas de aula.

Sem pretender alongar nas causas desta constatação no presente estudo, conjecturo que a falta de materiais de apoio ao professor; a relativa ausência de investigações metodologicamente consistentes neste campo no Brasil - que poderiam iluminar em muito o uso de Modelagem na sala de aula - (FIORENTINI, 1996); a frágil presença da Modelagem nos cenários institucionais (orientações curriculares, formação de professores, por exemplo); constituem os fatores para que os professores desconheçam a Modelagem.

VII. Considerações Finais

A partir deste estudo foi possível conhecer um pouco sobre o que pensam os professores acerca da Modelagem Matemática, de modo que possa vir a contribuir para a implementação desta proposta. Conhecer as percepções dos professores é muito importante, pois eles são estratégicos para o sucesso da Modelagem na escola. Ainda que o tema não esteja esgotado, pôde-se melhor compreender o objetivo suscitado inicialmente

A apresentação e discussão dos resultados convergiram para duas categorias principais - as vantagens e os obstáculos. De fato, vi como bastante claro o acolhimento dos professores à Modelagem. As evidências apontam para o fato de que os professores sofrem um tensionamento entre aderir a uma abordagem interdisciplinar, conectada com a realidade e tendo a pesquisa como elemento subjacente; por outro lado, prezam o planejamento linear da atividade escolar e os conteúdos matemáticos. O conflito entre o reconhecimento das vantagens da Modelagem na escola e os obstáculos ilustram este fato.

Esta situação reflete um confronto maior dentro da escola, no qual o avanço da sociedade global pressiona por uma educação compatível, enquanto as estruturas estabelecidas fazem um movimento para acomodá-las. Neste contexto, em muitos casos, localiza-se a posição dos pais, supervisores e diretores que reclamam as programações rígidas da escola advindas da tradição.

Já em relação aos alunos, os professores referiram-se a dois campos. Primeiramente, associam a Modelagem Matemática ao desenvolvimento de habilidades dos alunos e dão importância a estas. O argumento tão corrente de que a Matemática ajuda a pensar, investigar etc., parece ter sido vislumbrado neste método pelos entrevistados. De outra parte, eles identificaram que os alunos não reagem positivamente às estratégias que os colocam no centro da ação pedagógica. Vejo que esta percepção dos professores dá evidências do fenômeno que conceituo como *choque didático*, entendido como uma mudança na abordagem escolar pela qual estão passando os alunos. A ocorrência do choque didático está ligada à quebra de uma expectativa dos alunos em relação ao seu próprio comportamento e do professor em relação ao conhecimento. Assim, enquanto o aluno não se adapta ao contexto e regras da nova proposta pedagógica, possivelmente permanecerá em apatia. Entretanto, esta afirmação é uma conjectura, sendo necessário um estudo para focá-la.

Como se mostrou na apresentação e análise dos dados, os obstáculos para a implementação da Modelagem são percebidos pelos professores. Convém recordar D'AMBROSIO (1993, p. 38) quando nos fala que *a ação de professores mostra que em geral o professor ensina da maneira como lhe foi ensinado*. VERSCHAFFEL et al. (1995) alertam-nos, através de um estudo acerca das crenças dos estudantes de Licenciatura sobre o papel do mundo real na resolução de problemas em aritmética, a respeito das evidências de que a cognição e as crenças do professor sobre o papel da realidade na interpretação e solução de problemas têm um forte impacto sobre a docência e, por consequência, sobre os processos de aprendizagem e resultados de seus alunos. Isto me leva a conjecturar que a formação acadêmica na graduação está na origem de grande parte dos obstáculos verbalizados. Por certo, durante a formação inicial, sedimentaram-se crenças e valores sobre a matemática, a educação e a educação matemática, através de determinado tipo de experiência cujo mérito pode ser avaliado a partir da caracterização das Licenciaturas em Matemática feita por (FARIAS e SOARES, FERREIRA & MOREIRA, 1997, p. 27). Assim, a Modelagem no ensino-aprendizagem choca-se com estas concepções incorporadas anteriormente, sendo necessário refletir estratégias para abordar este contexto.

Por fim, as falas dos professores lançaram várias questões que pesquisas posteriores podem se encarregar de aprofundá-las. Por hora, creio que objetivo inicial traçado - o de conhecer a percepção de professores acerca da Modelagem Matemática - foi alcançado.

VIII. Referências bibliográficas

- ABREU, G. M. C. P. de. *The relationship between home and school mathematics in a farming community in rural Brazil*. Cambridge: University of Cambridge, 1993. 312p. (Dissertation, PhD).
- ACROSS, M., MOSCARDINI, A. O. *Learning the Art of Mathematical Modelling*. Chichester: Ellis Horwood, 1985. 155p.
- ALSINA, A., CALLÍS, J., FIGUERAS, E. Matemática y realidad: un instrumento y un fin. *Uno - Revista de Didáctica de las matemáticas*, Barcelona, n. 15, p. 97-108, ene. 1998.
- BARBOSA, J. C. Modelação Matemática: a matemática no dia-dia e o dia-dia na matemática. In: CASSOL, A., KNIJNIK, G., WOLFF, R. (Eds.). *Anais do VI Encontro Nacional de Educação Matemática*. São Leopoldo: SBEM/UNISINOS, 1998. p. 213.
- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1979. 225p.
- BASSANEZI, R. C. Modelling as a teaching-learning strategy. *For the Learning of Mathematics*, Vancouver, v.14, n. 2, p. 31-35, june 1994.
- BASSANEZI, R. Modelagem Matemática. *Dynamis*, Blumenau, v.1, n. 7, p. 55-83, abr./jun. 1994.
- BASSANEZI, R. C., BIEMBENGUT, M. S. Modelación matemática: una antigua forma de investigación, un nuevo método de enseñanza. *Revista de didáctica de las matemáticas*, [S.I.], n. 32, p.13-25, dic. 1997.
- BEARE, R. Mathematical Modelling using a new spreadsheet-based system. *Teaching mathematics and its applications*, Oxford, v.15, n. 3, p. 120-128, sept. 1996.
- BIEMBENGUT, M. S. *Modelação Matemática como Método de Ensino: Aprendizagem de Matemática em Cursos de 1º e 2º Graus*. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1990. 210p. (Dissertação, Mestrado).
- BIEMBENGUT, M. S. *Qualidade no ensino de matemática na engenharia: uma proposta metodológica e curricular*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. 305p. (Tese, Doutorado).
- BLUM, W., NISS, M. Applied Mathematical Problem Solving, Modelling, Applications, and links to other subjects: state, trends and issues in Mathematical Instruction. *Educational Studies in Mathematics*, Dordrecht, v. 22, n. 1, p. 37-68, feb. 1991.
- BLUM, W. Mathematical modelling in mathematics education and instruction. In: BREITEIG, T., HUNTLEY, I., KAISER-MESSMER, G. (Eds.). *Teaching and learning mathematics in context*. Chichester: Ellis Horwood, 1993. p. 3-14.

- BODGAN, R. C., BIRKLEN, S. K. *Qualitative research for education: an introduction for theory and methods*. 3rd. Boston: Allyn and Bacon, 1998. 288p.
- BORBA, M. C. Graphing Calculators, Functions and Reorganization of the Classroom. In: BORBA, M. C. et al. (Eds). *Proceedings of working Group 16 at ICME-8*. Rio Claro: State University of São Paulo, 1997. p. 53-60.
- BORBA, M. C., MENEGHETTI, R. C. G., HERMINI, H. A. - Modelagem, Calculadora Gráfica e Interdisciplinaridade na Sala de Aula de um Curso de Ciências Biológicas. *Revista de Educação Matemática*, São José do Rio Preto, v.5, n. 3, p. 63-70, 2º sem. 1997.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática*. Brasília, 1997.
- BURAK, D. *Modelagem Matemática: uma metodologia alternativa para o ensino da matemática na 5ª série*. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1987. 186p. (Dissertação, Mestrado).
- BURAK, D. *Modelagem Matemática: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem*. Campinas: FE/UNICAMP, 1992. 329p. (Tese, Doutorado).
- CARRAHER, R., CARRAHER, D., SHLIEMANN, A. - *Na Vida Dez, Na Escola Zero*. 10ª ed. São Paulo: Cortez, 1995. 182p.
- D'AMBROSIO, B. Formação de professores de matemática para o século XXI: o grande desafio. *Pro-posições*, Campinas, v. 4, n. 1, p. 35-41, mar. 1993.
- D'AMBROSIO, U. *Educação Matemática: da Teoria à Prática*. Campinas: Papirus, 1996. 121p.
- DENZIN, N. K., LINCOLN, Y. S. Introduction: entering the field of qualitative research. In: DENZIN, N. K., LINCOLN, Y. S. (Eds.). *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage, 1994. p.1-17.
- DOLGOS, K. A. , ELIAS, J. S. New Directions in the Teaching of Mathematics, Science and Technology. *International Journal for Mathematical Education in Science and Technology*, London, v.27, n. 5, p. 725-279, sept.-oct. 1996.
- FARIAS e SOARES, E., FERREIRA, M. C. C., MOREIRA, P. C. Da prática do matemático para a prática do professor: mudando o referencial da formação matemática do licenciando. *Zetetiké*, Campinas, v. 5, n. 7, p. 25-36, jan./jun. 1997.
- FIORENTINI, D. *A Modelagem Matemática enquanto objeto de pesquisa em Educação Matemática: uma revisão histórico-crítica*. Trabalho apresentado no 8º Congresso Internacional de Educação Matemática, Sevilla, Espanha, 1996.

- FRANCHI, R. H. de O. L. *A Modelagem Matemática como Estratégia de Aprendizagem no Cálculo Diferencial e Integral nos Cursos de Engenharia*. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1993. 148p. (Dissertação, Mestrado).
- GAZZETA, M. *A Modelagem como Estratégia de Aprendizagem na Matemática em Cursos de Aperfeiçoamento de Professores*. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1989. 150p. (Dissertação, Mestrado).
- GILES, T. R. *Dicionário de Filosofia: termos e filósofos*. São Paulo: E.P.U., 1993. 264p.
- HOBBS, D., READ, K. A classroom approach to the collector's problem. *Teaching mathematics and its applications*, Oxford, v. 14, n. 1, p. 6-13, mar. 1995.
- IMENES, L. M. P., LELLIS, M. - O Ensino de Matemática e a Formação do Cidadão. *Temas e Debates*, Blumenau, n. 5, p. 9-13, out. 1994.
- LAPLANCHE, J., PONTALIS, J. B. *Vocabulário de Psicanálise*. 5ª ed. Santos: Livraria Martins Fontes Editora Ltda., 1979. 707p.
- KAISER-MESSMER, G. Reflections on future developments in the light of empirical research. In: BREITEIG, T., HUNTLEY, I., KAISER-MESSMER, G. (Eds.). *Teaching and learning mathematics in context* Chichester, Chichester: Ellis Horwood, 1993. p.213-218.
- MARYUKOV, M. N. *Computational geometry and mathematical modelling*. Trabalho apresentado no TG17 do 8th International Congress on Mathematical Education, Sevilla, 1996.
- MESQUITA, C., MARQUES, F., CARREIRA, S. A folha de cálculo e a trigonometria em actividades de aplicação e modelação. *Educação e Matemática*, Lisboa, n.24, p. 7-12, 4. trim. 1992.
- MINAYO, M. C. S. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*, 4ª ed. São Paulo/Rio de Janeiro: HUCITEC/ABRASCO, 1996. 269p.
- MIORIM, M. A. *Introdução à História da Educação Matemática*. São Paulo: Atual, 1998. 121p.
- MONTEIRO, A. *O Ensino de Matemática para Adultos através do Método Modelagem Matemática*. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1992. 310p. (Dissertação, Mestrado).
- PAGOTTO, M. D. S. A organização das licenciaturas: práticas atuais e perspectivas de mudanças. In: *Anais do IX Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino*. Águas de Lindóia: [s.n.], 1998. p. 376-385.
- PONTE, J. P. da. Necessary research in mathematical modelling and applications. In: BREITEIG, T., HUNTLEY, I., KAISER-MESSMER, G. (Eds.). *Teaching and learning mathematics in context*. Chichester: Ellis Horwood, 1993. p. 219-227.

- REEUWIJK, M. van. Las Matemáticas en la vida cotidiana y la vida cotidiana en las matemáticas. *Uno - Revista de Didáctica de las Matemáticas*, Barcelona, n.12, p. 9-16, abr. 1997.
- SANTALÓ, L. A . Matematica para nos matematicos. In: BLANCO, M. G. et al. (Org.). *Memórias del Primer Congreso Iberoamericano de Educación Matemática*. Sevilla: S. A .E. M. Thales, 1990. p. 1-12.
- THOMPSON, A . B. Teachers'beliefs and conceptions: a synthesis of the research. In: GROUWS, D. A . (Ed.), *Handbook of Research in Mathematics Teaching and Learning*. New York: Macmillan, 1992. p. 127-146.
- VERSCHAFFEL, L., DE CORTE, E., BORGHART, I. Pre-service teachers' conceptions and beliefs about the role of real-world knowledge in arithmetic word problem solving. In: PUIG, L., GUTIÉRREZ, A . (Eds.). *Proceedings the 20th International Conference for the Psychology of Mathematics Education*. Valencia: Universitat de Valencia, 1996. Vol. 4, p. 387-394.
- WISEMAN, A . N., ARMSTRONG, P. K. Introducing discrete information theory using spreadsheets. *Teaching mathematics and its applications*, Oxford, v. 12, n. 3, p. 130-134, sept. 1993.

