

Reflexões sobre a disciplina de modelagem matemática na formação de professores

MARIA BEATRIZ FERREIRA LEITE*

Resumo

O uso da modelagem matemática no processo de ensino e aprendizagem pressupõe que o professor investigue situações cotidianas visando, essencialmente, desenvolver os conteúdos matemáticos previstos. A partir de indagações decorrentes das experiências vivenciadas em um curso de licenciatura em matemática, este artigo reflete sobre a disciplina de modelagem matemática na formação de professores. A disciplina, além de apresentar e analisar a modelagem matemática como estratégia pedagógica, possibilita aos alunos vivenciarem a modelagem através da elaboração de trabalhos desenvolvidos a partir de temas diversos. Com base nessas experiências, este trabalho propõe identificar e analisar (i) as principais dificuldades encontradas pelos alunos; (ii) a influência e contribuição da disciplina na prática pedagógica.

Palavras-chave: modelagem matemática; ensino e aprendizagem; formação de professores.

Abstract

The use of mathematical modeling in the learning and teaching process supposes that the teacher is able to deal with real situations, aiming, essentially, to develop the mathematical contents that are part of the curriculum. Based on inquiries which come from experiences in a Mathematics Teaching Course, this article reflects on the Mathematical Modeling subject in teacher education. The subject, besides presenting and analyzing mathematical modeling as a pedagogic strategy, enables students to experience modeling through works developed from different themes. Based on those experiences, this article proposes to identify and analyze (i) the main difficulties faced by the students; (ii) the influence and contribution of this subject in the pedagogic practice.

Keywords: *mathematical modeling; learning and teaching process; teacher education.*

* Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Doutor em Matemática Aplicada – Unicamp. Faculdade de Matemática – Ceatec. E-mail: bialeite@puc-campinas.edu.br

1. Introdução

A busca de um ensino mais significativo, que venha ao encontro dos anseios não só dos alunos, mas também dos profissionais da educação, é um desafio a todos os educadores que acreditam ser vital o desenvolvimento de um espírito investigativo e crítico na construção do conhecimento.

Essa preocupação deveria ser ainda maior quando nos referimos aos alunos de cursos de licenciaturas, pois esses anseios não se limitam apenas ao indivíduo enquanto aluno, mas, sobretudo, ao futuro professor. De acordo com Bassanezi (2002, p. 179), num curso tradicional de licenciatura, as disciplinas são geralmente tratadas de forma independente uma das outras, sem propiciar formas originais e criativas de se trabalhar a matemática e, ainda, “o próprio processo atual de formação do professor não leva o educando a estabelecer uma associação relevante entre o que se ensina e o mundo real”. Monteiro e Pompeu (2001, p. 48) afirmam que “o processo educativo que perde contato com o meio em que se insere torna-se obsoleto, sem dinâmica, e afastado de seu objetivo principal, que é educar e formar cidadãos”.

Para Bassanezi (2002), um dos precursores do trabalho com a modelagem matemática no Brasil, a modelagem consiste na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem do mundo real. Dessa forma, a utilização da modelagem matemática como instrumento pedagógico possibilita, além de unir pesquisa e ensino, integrar a prática da sala de aula com a realidade.

Diferentes abordagens para a utilização da modelagem como instrumento pedagógico são apresentadas na literatura, como as perspectivas pragmática e científica (Kaizer, 1995) e sociocrítica (Barbosa, 2003; Skovsmose, 2001). A diferença entre cada uma dessas perspectivas é a forma como o processo de modelagem é conduzido e o enfoque dado aos modelos matemáticos construídos. Nas perspectivas pragmática e científica, procura-se enfatizar o desenvolvimento de competências necessárias para modelar situações reais e aprendizagem de conteúdos matemáticos. Já na perspectiva sociocrítica, busca-se criar oportunidades para que os alunos reflitam sobre o papel da matemática na sociedade. Nessa abordagem, procedimentos relacionados com a modelagem e que envolvem investigação, escolha ou construção de modelos, aprendizagem

de conceitos matemáticos, obtenção e validação de resultados são tidos como meios para propiciar discussões e reflexões sobre questões relevantes para a sociedade.

Entretanto, independentemente da abordagem utilizada, ao aplicar a modelagem na sala de aula, o objetivo central do professor é ensinar matemática explorando suas aplicações no dia-a-dia, construindo modelos e relacionando a matemática utilizada na modelagem com o conteúdo programático. Assim, como diz D'Ambrósio (1991), o professor oferece ao aluno a oportunidade de conviver com uma matemática viva, prática e com significado e, como conseqüência, de perceber a sua importância no cotidiano.

Quando utilizada no processo de ensino e aprendizagem, a modelagem matemática consiste, basicamente, de um processo no qual o estudo de situações reais resulta na criação de modelos matemáticos que abordam o conteúdo a ser desenvolvido. Obviamente, a elaboração e construção de tais modelos (ou a aplicação de modelos preestabelecidos) exigem conhecimento, investigação e envolvimento com o tema central que, naturalmente, envolve diferentes áreas do conhecimento. Sendo assim, a modelagem matemática não pode ser concebida sem a presença de práticas interdisciplinares. Além de contextualizar a matemática em outras áreas, a modelagem matemática possibilita a integração e complementação de diferentes saberes, e isso requer que sejam estabelecidas parcerias que viabilizem essa troca de conhecimentos. Fazenda (2006, p. 84) refere-se à parceria como um dos fundamentos das propostas interdisciplinares, definindo-a como “a parceria consiste numa tentativa de incitar o diálogo com outras formas de conhecimento a que não estamos habituados, e nessa tentativa a possibilidade de interpenetração delas”.

Indiscutivelmente, características como domínio sobre o conteúdo matemático, habilidade para trabalhar em equipes, capacidade de contextualizar o conhecimento e aplicá-lo na resolução de problemas práticos são essenciais ao “bom” professor de matemática. Além disso, despertar no aluno a curiosidade e o envolvimento com o assunto a ser explorado transforma o processo educativo num processo criativo, no qual a investigação desempenha um papel essencial e insubstituível. Para Freire (1996, p. 32), investigação e pesquisa são atividades essenciais à prática educativa:

Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino. Esses que-
fazeres se encontram um no corpo do outro. Enquanto ensino
continuo buscando, repercurando. Ensino porque busco, porque

indaguei, porque indago e me indago. Pesquiso para constatar, constatando, intervenho, intervindo educo e me educo. Pesquiso para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade.

De acordo com Biembengut (2004, p. 23), “Como é essencialmente um método de pesquisa, no ensino, a modelagem matemática pode tornar-se caminho para despertar no aluno interesse por assuntos de matemática e, também, de alguma área da ciência que ainda desconheça, ao mesmo tempo em que ele aprende a arte de modelar, matematicamente”. De fato, a modelagem matemática na prática pedagógica possibilita e requer o exercício da pesquisa que, por sua vez, possibilita a interação entre teoria e prática. Pimentel (1994, p. 40), referindo-se à modelagem matemática, afirma que “o aluno é o dono do problema que o envolve, perturba, deixa-o perplexo e o instiga a percorrer o caminho da busca.” Com isso, evidencia-se a importância e necessidade de um novo paradigma para a postura do professor. Para D’Ambrósio (1996, p. 80), “o novo papel do professor será o de gerenciar, de facilitar o processo de aprendizagem e, naturalmente, de interagir com o aluno na produção e crítica de novos conhecimentos, e isso é essencialmente o que justifica a pesquisa”. Obviamente, essa forma de relação entre professor e aluno pressupõe uma atitude ativa e participativa de ambos. De acordo com Skovsmose (2001, p. 18), a partir de uma educação crítica, na qual são desenvolvidas competências críticas e aspectos diversos (não apenas conteúdos) são considerados, “é inaceitável que o professor (apenas) tenha um papel decisivo e prescritivo. Em vez disso, o processo educacional deve ser entendido como um diálogo”.

Tendo em vista esses aspectos, acredito que a disciplina de modelagem matemática num curso de licenciatura pode ser uma grande aliada no desenvolvimento dessas habilidades e competências, colaborando para a formação de um professor crítico, criativo e com uma ampla visão da matemática.

No currículo do curso de licenciatura em matemática de uma universidade do interior de São Paulo, a disciplina modelagem matemática é oferecida aos licenciandos no último semestre do curso (6^o), buscando não apenas introduzir essa estratégia de ensino como também proporcionar que os futuros professores vivenciem a experiência de modelar matematicamente situações cotidianas. As reflexões apresentadas neste trabalho originam-se, essencialmente, nas indagações e inquietações decorrentes

da minha prática pedagógica nessa disciplina nos últimos anos. Minha experiência como professora da disciplina de modelagem matemática do curso de licenciatura em matemática sinaliza uma mudança de postura de alguns alunos, não só em relação à prática docente como também em relação a questões externas à matemática, como questões sociais e ambientais, evidenciando o aparecimento simultâneo das diferentes perspectivas pedagógicas descritas. Tais mudanças foram observadas não apenas pelos relatos dos próprios alunos durante o curso como também pelo acompanhamento da prática profissional de alguns egressos. O desenvolvimento da disciplina (descrito com mais detalhes na seção 3.1) ocorre da seguinte maneira: os alunos organizam-se em grupos e escolhem os temas para desenvolver o trabalho. Um dos requisitos para a elaboração do trabalho é que os futuros professores formulem modelos matemáticos que abordem conteúdos dos diferentes níveis de ensino, fundamental, médio e superior. Dessa forma, muitas vezes, um mesmo problema pode ser resolvido de diferentes maneiras, dependendo dos conteúdos e da profundidade matemática que se pretende atingir com os modelos matemáticos elaborados. Alguns dos temas já contemplados na disciplina foram: água, energia elétrica, alimentação, esportes, futebol, insetos, obesidade infantil, odontologia, música, bebidas, alimentos orgânicos, meteorologia.

2. Objetivos e procedimentos metodológicos

2.1 Objetivos

A escassez de trabalhos publicados que discutam a introdução da modelagem matemática na formação de professores deixa uma série de questões em aberto. Com base em observações e constatações feitas durante o desenvolvimento dos trabalhos, evidenciou-se a necessidade de investigar com mais profundidade algumas dessas questões, como, por exemplo: (a) será que a experiência prática proporcionada na disciplina (particularmente através dos trabalhos realizados) interfere na prática pedagógica do professor? (b) será que a disciplina contribui efetivamente para um ensino mais significativo da matemática? (c) Quais as principais razões que levam o professor a não utilizar essa metodologia?

Buscando aperfeiçoar a forma como a disciplina de modelagem matemática vem sendo trabalhada, a proposta central deste trabalho é identificar e analisar:

- (i) quais as dificuldades mais comuns enfrentadas pelos alunos na utilização da modelagem matemática como instrumento pedagógico;
- (ii) quais as contribuições e influências da disciplina na prática pedagógica do professor de matemática.

2.2. Procedimentos metodológicos

2.2.1 Sujeitos da pesquisa

Com base nos objetivos apresentados acima, os sujeitos desta pesquisa foram os alunos que cursaram a disciplina de modelagem matemática nos anos de 2004, 2005 e 2006. Em cada ano, 27, 20 e 31 foi o número de alunos matriculados, respectivamente.

Para possibilitar a análise das duas questões apresentadas acima, a coleta de dados ocorreu em momentos distintos. Tendo como foco o item (i), os sujeitos foram observados e investigados enquanto alunos da disciplina de modelagem matemática. Buscando focalizar o item (ii), os sujeitos foram investigados como egressos do curso de licenciatura em matemática.

2.2.2 A coleta de dados e os instrumentos utilizados

A forma como a disciplina foi desenvolvida (em sala de aula) durante o semestre está descrita na seção 3.1. Buscando documentar os comentários feitos pelos alunos ao longo do 6º semestre do curso e corroborar minhas impressões pessoais, solicitei aos alunos o preenchimento de algumas fichas de avaliação. O preenchimento da ficha não foi obrigatório, procurando obter respostas mais confiáveis e isentas do ponto de vista do aluno. De maneira geral, as fichas abordavam questões sobre a forma como a disciplina foi desenvolvida e o andamento dos trabalhos em grupos. A análise do item (i) citado acima (dificuldades mais comuns enfrentadas pelos alunos na utilização da modelagem matemática), com base em observações e relatos ocorridos durante o desenvolvimento da disciplina, é discutida na seção 3.2. Na seção 3.3 é feita a análise a partir das fichas de auto-avaliação preenchidas ao final do curso. O item (ii) (contribuições e influências da disciplina na prática pedagógica do egresso do Curso de Licenciatura em Matemática de uma Universidade do interior de São Paulo), é analisado na seção 3.4. As informações ali descritas foram obtidas com base em um questionário enviado aos egressos do curso.

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da referida Universidade do interior de São Paulo em março/2007, e a partir daí iniciou-se a coleta de dados. Os contatos com os egressos para envio do instrumento e solicitação de resposta foram feitos através de e-mails e/ou telefone.

2.2.3 A análise de dados: abordagem qualitativa e quantitativa

O tipo de investigação apresentada neste trabalho está centrado na análise de dados coletados através de diversos instrumentos (observações, relatos, fichas e questionários), sem limitar-se, entretanto, a um relato objetivo das observações feitas. Dado o caráter subjetivo no qual se apóia uma pesquisa qualitativa, a interpretação e a significação dos fatos observados dentro do contexto no qual eles ocorrem são inseridas na análise de dados. Obviamente, nesse tipo de abordagem, a interação pesquisador-pesquisado é fundamental e ambos estão envolvidos numa mesma ação.

Para Bogdan e Bilklen (1994) a pesquisa qualitativa apóia-se em cinco características básicas:

1. Na investigação qualitativa, a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal;
2. A investigação qualitativa é descritiva;
3. Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos;
4. Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva;
5. O significado é de importância vital na abordagem qualitativa.

De acordo com Pereira (2001), a pesquisa qualitativa ocupa-se, basicamente, da investigação de eventos qualitativos com referenciais teóricos menos restritivos e com maior oportunidade de manifestação para a subjetividade do pesquisador.

Para D'Ambrósio (1996, p.102), embora se apresente com diferentes nomenclaturas, a essência da pesquisa qualitativa é a mesma: a pesquisa é focalizada no indivíduo, com toda a sua complexidade e na sua inserção e interação com o ambiente sociocultural e natural.

Com base nesses aspectos, evidencia-se a abordagem qualitativa da pesquisa apresentada neste trabalho, que se enquadra nas etapas previstas por D'Ambrósio (1996, p.102): 1) formulação das questões a serem

investigadas; 2) seleção de locais, sujeitos e objetos; 3) identificação das relações entre esses elementos; 4) definição de estratégias para coleta e análise de dados; 5) coleta de dados sobre os elementos e suas relações; 6) análise desses dados e refinamento das questões; 7) redefinição de estratégias; 8) coleta e análise dos dados.

Contudo, vale notar que a abordagem qualitativa não exclui a análise quantitativa de dados. Como a disciplina foi desenvolvida em momentos distintos e ministrada para diferentes turmas, cada uma com suas especificidades, cabe analisar se as proporções de indivíduos com determinadas características (identificadas como relevantes) são mantidas. Na análise estatística das fichas de avaliação de 2004 e 2005 (item 3.3) e dos questionários respondidos pelos egressos (item 3.4), foi utilizado o teste do qui-quadrado, com correção de Yates, quando necessário.¹ O nível de significância adotado foi de 5%.

3. Apresentação e discussão dos resultados

3.1 Sobre a forma como é desenvolvida a disciplina de modelagem matemática

No início do 6º semestre, a modelagem matemática é apresentada aos alunos como uma estratégia de ensino e aprendizagem e, para quase a totalidade deles, esse é o primeiro contato com esta metodologia. Não apenas a apresentação de exemplos bem-sucedidos, como também a análise dos trabalhos elaborados pelos alunos do curso em anos anteriores, faz com que eles tenham uma visão de como será o desenvolvimento do trabalho e qual é o produto esperado ao final do curso. O trabalho é desenvolvido a partir da escolha de temas e formação das equipes. Os grupos são orientados durante as aulas e conhecem previamente, através de um cronograma, os prazos nos quais as etapas devem ser cumpridas (a fim de não comprometer a finalização dos modelos). Os alunos são avaliados continuamente e, ao final da disciplina, o trabalho produzido é entregue

1 Para que o teste do Qui-quadrado forneça resultados precisos, as frequências esperadas devem ser “grandes”. Alguns estatísticos recomendam que não mais de 20% das células contenham frequências inferiores a 5, outros exigem que todas sejam, no mínimo iguais a 1 (Levine et alii, 2005, p. 448). Para garantir a confiabilidade do teste, quando as frequências esperadas foram inferiores a 5, foi aplicado também o teste com a correção de Yates e os resultados não se alteraram.

e apresentado para todos os alunos. Não há uma exigência quanto aos conteúdos trabalhados, mas exige-se que os modelos elaborados contemplem conteúdos matemáticos dos diferentes níveis de ensino. Para cada um deles, a interpretação e validação dos resultados são avaliados.

3.2 Sobre as dificuldades enfrentadas durante o desenvolvimento do trabalho de modelagem matemática

Tendo em vista facilitar a identificação e a análise das principais e mais freqüentes dificuldades enfrentadas pelos alunos (item i) no decorrer do semestre, utilizarei o esquema abaixo, que sintetiza as fases do processo de modelagem. Cada fase é descrita brevemente e as dificuldades e características observadas são apresentadas. A análise segundo uma abordagem qualitativa inclui o apontamento de possíveis razões para essas ocorrências, de acordo com os relatos e observações.

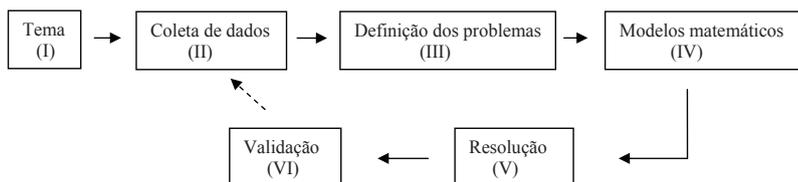


Figura 1 – Fases do processo de modelagem

Fase I – *Tema*: nessa fase, uma das dificuldades mais freqüentes é a evidente tendência que os alunos têm em buscar temas que explicitamente envolvam conteúdos matemáticos. Inicialmente, há uma grande dificuldade em sugerir temas diversos, pois os alunos confundem a escolha de assuntos do cotidiano com a escolha de conteúdos matemáticos. De acordo com os relatos dos alunos, isso parece ocorrer, basicamente, porque toda (ou quase toda) sua experiência acadêmica envolve conteúdos matemáticos descontextualizados e isolados de problemas práticos.

Fase II – *Coleta de dados*: há uma demora significativa para que a maioria dos grupos consiga direcionar a pesquisa. Alguns sugerem a mudança de tema, quando na realidade o problema não é o assunto escolhido e sim a falta de objetividade para definir os rumos do trabalho. Nesse caso, atribuo essa dificuldade principalmente ao fato de o aluno não escolher o foco do trabalho. Aqui surge uma das principais características que diferem o trabalho de modelagem: o aluno não recebe tudo pronto.

Ele começa a perceber, nessa fase, que o sucesso ou insucesso do trabalho depende diretamente do seu envolvimento, iniciativa e autonomia. Essa tentativa (por parte de alguns alunos) de trocar de tema evidencia a dificuldade em objetivar a pesquisa a partir de escolhas próprias e ser responsável pela escolha feita.

Fase III – *Definição dos problemas*: num primeiro momento, é comum os alunos confundirem no que consiste a formulação de um problema não matemático que se pretende resolver através da utilização da matemática e a matemática por ela mesma. De maneira similar ao que ocorre na Fase I, grande parte dos alunos tende a propor aqui conteúdos matemáticos e não problemas. Para muitos alunos, é difícil pensar na matemática como uma ferramenta para resolver problemas e não como uma disciplina com um fim em si mesma. Com essa perspectiva, muitos tentam apenas manipular matematicamente os dados já coletados até o momento, sem vincular qualquer significado para os mesmos. Outra grande dificuldade apresentada nessa fase é a capacidade de visualizar diferentes possibilidades para abordar o tema escolhido e, a partir daí, direcionar a coleta de dados. Em muitos casos, os grupos limitam-se a tratar os problemas sugeridos pelo professor, não conseguindo visualizar, no tema escolhido, a possibilidade de diferentes enfoques.

Fase IV – *Modelos matemáticos*: talvez uma das maiores e mais recorrentes dificuldades apresentadas pelos alunos é relacionar “qual” é o conteúdo matemático adequado para se resolver os problemas propostos na Fase III. A elaboração dos modelos matemáticos é uma das fases que mais demanda tempo e, em alguns grupos, a falta de iniciativa e falta de autonomia faz com que o trabalho seja desenvolvido apenas após uma intervenção mais enfática do professor.

Fase V – *Resolução*: em geral, após a formulação dos modelos matemáticos (salvo algumas exceções), os alunos não apresentam dificuldades significativas para resolver os modelos. Conseguem, na maioria das vezes, aplicar técnicas adequadas de resolução. Algumas vezes, a dificuldade aparece na escolha da técnica e não propriamente na sua aplicação. Ressalta-se aqui que, novamente os atos de escolher e decidir geram uma tensão para os alunos.

Fase VI – *Validação*: no momento da validação, em alguns casos, os alunos perdem o foco inicial do problema e têm certa dificuldade para interpretar a solução obtida. Esse fato mostra, novamente, a dificuldade

existente para contextualização da matemática, visto que essa fase exige a retomada do processo, principalmente a formulação do problema que originou a solução encontrada.

Além das dificuldades específicas de cada uma dessas fases, vale comentar alguns aspectos inerentes ao processo de modelagem, tanto com relação ao aspecto comportamental como com relação à formação específica.

Quanto ao aspecto comportamental, destaco principalmente as dificuldades para trabalhar em equipe. Alunos que trabalham perfeitamente bem individualmente podem apresentar dificuldades para socializar os conhecimentos e, de fato, trabalhar conjuntamente. Na maioria dos grupos, a realização do trabalho ocorre num ambiente de cooperação, quando uns ajudam aos outros, executando tarefas que lhes foram atribuídas por outros componentes do grupo, e não de colaboração, no sentido proposto por Fiorentini (2004), quando todos deveriam atuar conjuntamente e serem responsáveis por igual pelo planejamento e desenvolvimento das atividades. Alunos que, individualmente, ficam aquém das expectativas do professor, mostrando-se inseguros e sem iniciativa, encontram no trabalho em grupo uma oportunidade de se relacionar melhor com os demais colegas e, algumas vezes, isso traz bons resultados. Além disso, a falta de iniciativa num grupo acarreta, na minha visão, a situação mais complicada para se trabalhar. Apesar das inúmeras intervenções e sugestões, o grupo não consegue se organizar e direcionar o trabalho. Num trabalho de modelagem como proposto acima, a participação de cada membro do grupo é determinante na qualidade do trabalho, pois o aluno não pode se comportar passivamente no processo. De maneira geral, as dificuldades apresentadas são evidenciadas porque o trabalho requer iniciativa e autonomia dos alunos.

Já quanto ao aspecto de formação específica, destaca-se a dificuldade dos alunos em relacionar e aplicar conteúdos já estudados em outras disciplinas para resolver os problemas formulados, o que evidencia a fragmentação do conhecimento.

3.3 Sobre os comentários feitos nas fichas de auto-avaliações

Ano de 2004

Em 2004, sete alunos (26% do total) preencheram as fichas propostas. Dentre os comentários apresentados, destacam-se os seguintes: 43%

deles citaram a importância de rever conteúdos matemáticos a partir da modelagem matemática; 86% dos alunos consideraram a disciplina muito importante na formação do professor, enfatizando as aplicações da matemática e 57% alegaram que o tempo para se trabalhar adequadamente foi insuficiente. Todos afirmaram ser importante estar presente às aulas. Com relação ao desempenho dos componentes do grupo, 43% dos respondentes alegaram que, num trabalho em grupo, nem todos trabalham da mesma maneira e que alguns grupos eram muito numerosos.

Ano de 2005

Em 2005, dezessete alunos (85% do total) preencheram as fichas de avaliação. Dentre esses, destacamos os seguintes comentários: todos afirmaram que a disciplina de modelagem matemática ajuda a aprender mais matemática, destacando as possibilidades de aplicações da mesma e também as possibilidades de rever conteúdos; todos afirmaram ser muito importante a disciplina para a formação do professor, enfatizando o trabalho interdisciplinar e em grupo; 53% dos respondentes julgaram que um semestre é insuficiente para se trabalhar com a modelagem. Todos consideraram importante a presença às aulas, alguns relatando que, mesmo comparecendo em todas as aulas, tiveram dificuldade para realizar o trabalho; 12% deles afirmaram que o trabalho em grupo mais atrapalha do que auxilia, pois depender dos outros, muitas vezes, é complicado.

Ano de 2006

Em 2006, 29 alunos (93,5% do total) preencheram a ficha de avaliação. Nesse ano, foi dada uma preferência para uma análise do trabalho em grupo, sendo que cada aluno deveria dar uma nota (de 0 a 10) para todos os componentes do grupo, considerando cinco diferentes aspectos. Essa opção foi feita para verificar como os alunos se auto-avaliavam e como eles avaliavam seus colegas (de grupo) com relação ao desempenho no trabalho em equipe. No geral, as notas atribuídas para os componentes do grupo foram bastante homogêneas, evidenciando aqueles que mais e menos contribuíram para o desenvolvimento do trabalho. Alguns comentários são pertinentes: em aproximadamente 14% dos questionários respondidos, os alunos mostraram-se bastante rigorosos para avaliar, tanto o desempenho individual quanto de outros componentes do grupo. Contrariamente, uma quantidade que considero significativa (aproximadamente 31%) isentou-se

de todo e qualquer julgamento, atribuindo praticamente as mesmas notas para todos os componentes em todos os aspectos, o que mostra uma grande imaturidade e falta de comprometimento com o processo de ensino e aprendizagem. Observo que isso ocorreu, particularmente, em três casos distintos: por parte daqueles alunos que, de fato, contribuíram menos durante o semestre e, nesse caso, atribuíram a si mesmos uma nota menor e a mesma para os demais componentes. Outra situação em que foi verificada essa isenção de julgamento foi quando, nitidamente, o aluno tentou eximir-se de qualquer responsabilidade com relação aos demais. Isso foi notado em grupos que mostraram uma dificuldade de relacionamento, explicitando isso em várias ocasiões ao longo do semestre e, surpreendentemente, avaliaram muito bem todos os componentes do grupo. Finalmente, a isenção ocorreu também num grupo no qual os componentes já tinham uma grande afinidade e amizade. Nesse caso, em particular, a nota atribuída (em todos os aspectos, para todos e por todos os componentes) foi 10.

Com relação às observações gerais, apenas 45% dos alunos acrescentaram comentários, dentre os quais destaco os seguintes: o tema escolhido foi complexo e despertou a curiosidade dos integrantes do grupo; o trabalho possibilitou ver a matemática com outros olhos; foi um trabalho diferente de tudo que foi visto durante o curso; alguns alegaram que não conseguiram, de fato, trabalhar em equipe e isso comprometeu o desenvolvimento do trabalho; no caso do grupo em que todas as notas atribuídas foram 10 (citado no parágrafo anterior), o comentário feito (exceto por parte de um dos componentes) foi de que todos do grupo trabalharam e se esforçaram igualmente.

Diante do exposto acima, fica evidente que, na visão dos alunos, a modelagem matemática é uma disciplina importante para a formação do professor e apresenta-se como uma boa alternativa para o ensino de matemática, principalmente por contextualizar os conteúdos matemáticos. Entretanto, os fatores que se destacam como as principais dificuldades enfrentadas por eles (em resposta ao item (i)) são a falta de tempo, a complexidade dos temas escolhidos, a dificuldade em aplicar o conhecimento matemático adquirido e a dificuldade encontrada para trabalhar em grupos.

Para comparar as proporções de alunos que mencionaram a falta de tempo e o trabalho em grupo (dificuldades comuns observadas nas

fichas dos anos de 2004 e 2005), foi utilizado o teste qui-quadrado para homogeneidade, no nível de significância de 0,05. As características analisadas, as frequências observadas e as estatísticas calculadas estão na Tabela 1. Vale observar que, em 2004, apenas sete alunos preencheram as fichas e em 2005 o total de respondentes foi dezessete.

Tabela 1 – Características analisadas e as frequências observadas nas fichas de 2004 e 2005

| Preenchimento da ficha | Ano | | Estatística do teste |
|---|------|------|---|
| | 2004 | 2005 | |
| <u>Mencionou o tempo</u> | | | |
| Sim | 4 | 9 | $\chi^2 = 0,035$ (<i>p</i> -valor = 0,851) |
| Não | 3 | 8 | $\chi^2_{\text{Yates}} = 0,07$ |
| <u>Mencionou o trabalho em grupo</u> | | | |
| Sim | 3 | 2 | $\chi^2 = 2,906$ (<i>p</i> -valor = 0,0882) |
| Não | 4 | 15 | $\chi^2_{\text{Yates}} = 1,33$ |
| <u>Mencionou a importância / aplicações²</u> | | | |
| Sim | 6 | 17 | $\chi^2 = 2,5341$ (<i>p</i> -valor = 0,1114) |
| Não | 1 | 0 | $\chi^2_{\text{Yates}} = 0,0088$ |

Com base nos dados acima, pode-se concluir que, apesar das particularidades de cada turma, as dificuldades referentes ao tempo e ao trabalho em grupo aparecem nas mesmas proporções nos dois grupos analisados, pois, em todos os casos, a estatística calculada do teste (tanto pelo qui-quadrado como também aplicando-se a correção de Yates) fornece um valor menor do que 3,841, que é o valor crítico no nível de significância de 5%. Isso evidencia que, para melhorar a qualidade dos trabalhos produzidos, esses aspectos devem ser considerados mais cuidadosamente. Além disso, aponta-se uma importante característica da disciplina na visão do futuro professor: sua importância e a possibilidade de, através dela, reconhecer o caráter utilitário, prático e contextualizado da matemática.

2 Aplicando-se o teste exato de Fisher (pelo fato de a tabela apresentar frequência igual a zero), obtemos que a probabilidade das diferenças entre as proporções ser significativa é de 0,2917 (>0,05). Dessa forma, também pelo teste exato de Fisher, conclui-se que as diferenças obtidas são casuais.

3.4 Sobre o questionário respondido pelo egresso do Curso de Licenciatura em Matemática

No instrumento utilizado para coletar as informações por parte dos egressos do curso, o principal objetivo foi traçar um panorama da atividade profissional do egresso e, dentre aqueles que estão atuando como professores, verificar quais os reflexos da disciplina de modelagem matemática na sua prática pedagógica, de acordo com o item (ii). Vale observar aqui que esse contato não foi tão simples. Muitos dos egressos contatados não retornaram o questionário e não foi possível avaliar se isso ocorreu pelo fato de muitos deles não estarem lecionando (alguns alegaram que não responderam por entenderem que não podiam contribuir com a pesquisa). Observo que, na Tabela 3, o total corresponde à quantidade total de questionários recebidos (12 de 2004; 8 de 2005 e 19 de 2006). Já na Tabela 4, do total recebido, considerei apenas os egressos que já lecionavam quando cursaram a disciplina de modelagem matemática (7 em 2004, 4 em 2005 e 8 em 2006). Finalmente, na Tabela 5, foram considerados os egressos que lecionam atualmente ou já lecionaram (7 em 2004; 6 em 2005 e 11 em 2006).

Tabela 2 – Respostas recebidas dos egressos contatados

| Ano de conclusão do curso | Percentual de questionários recebidos |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 2004 | 44,4 |
| 2005 | 40,0 |
| 2006 | 61,3 |

Tabela 3 – Egressos que atuavam no ensino por ocasião da pesquisa

| Ano de conclusão do curso | Percentual de egressos que estavam lecionando no primeiro semestre de 2007 |
|---------------------------|--|
| 2004 | 58,3 |
| 2005 | 62,5 |
| 2006 | 47,4 |

Tabela 4 – Situação dos egressos quanto à atuação profissional quando a disciplina foi cursada

| Ano de conclusão do curso | Percentual de egressos que já lecionavam quando cursaram a disciplina de modelagem e julgam que ocorreram mudanças na prática pedagógica |
|---------------------------|--|
| 2004 | 100 |
| 2005 | 100 |
| 2006 | 100 |

Tabela 5 – Utilização da Modelagem Matemática em sala de aula por parte dos egressos

| Ano de conclusão do curso | Percentual de egressos que já utilizaram a modelagem matemática |
|---------------------------|---|
| 2004 | 57 |
| 2005 | 33 |
| 2006 | 9 |

Com relação ao motivo para não utilizar a modelagem matemática em sala de aula, 15 especificaram suas razões, dentre as quais destacamos: 40% alegaram que são professores eventuais, assumindo apenas aulas de substituição e/ou são professores da educação infantil; 20% alegaram ministrar disciplinas técnicas e 13,3% afirmaram ainda não ter tido oportunidade. Já com relação às dificuldades enfrentadas por aqueles que utilizaram a modelagem matemática, os egressos citam diversos fatores, como, por exemplo, a dificuldade para planejar as atividades e relacioná-las com os conteúdos, a falta de comprometimento dos alunos para cumprir as tarefas extra-classe e a falta de infra-estrutura (particularmente com relação ao uso de computadores) da escola. Entretanto, com relação aos alunos, destacam-se nas respostas atitudes como a motivação e o envolvimento dos alunos no trabalho proposto. Apenas um egresso afirmou que houve a participação de outros professores da escola.

Em uma das questões do questionário, foi solicitado ao egresso detalhar quais foram os aspectos não matemáticos trabalhados a partir da utilização da modelagem. Nem todos os respondentes especificaram tais aspectos. Alguns fizeram referência ao trabalho que eles próprios

desenvolveram enquanto alunos do curso de licenciatura em matemática. Alguns aspectos citados foram: meio ambiente, consumo e desperdício de água e energia. Isso confirma que, de fato, a modelagem matemática pode propiciar o surgimento das discussões paralelas (ou reflexões não matemáticas), aquelas que não fazem parte da construção do modelo matemático, mas favorecem as investigações matemáticas e as discussões sociais (Barbosa, 2007).

No questionário, havia ainda um espaço aberto para que os egressos incluíssem comentários gerais. Poucos acrescentaram novas informações. Entretanto, algumas observações relevantes referiram-se ao caráter interdisciplinar do trabalho com modelagem, ao desafio do tipo de proposta e também ao fato de a modelagem favorecer a prática da pesquisa. Vale destacar que o fato da interdisciplinaridade ter sido mencionado explicitamente mostra que, além desse aspecto ser importante na visão desses professores, a modelagem matemática propicia a integração entre diferentes áreas do conhecimento e conduz à busca de novos conhecimentos. Para Fazenda (2006, p. 48), o trabalho dos professores bem-sucedidos é permeado pela interdisciplinaridade, caracterizando-o pelo gosto por conhecer. E, ainda, um professor bem-sucedido é um ser que busca, que pesquisa. Quanto ao favorecimento da prática da pesquisa, a opinião dos alunos que destacaram esse aspecto vão ao encontro do que diz Biembengut (2004, p. 23), que afirma que com a modelagem matemática é possível dar ao aluno a oportunidade de estudar situações-problemas por meio da pesquisa, desenvolvendo seu interesse e aguçando seu senso investigativo e crítico.

4. Considerações finais

De acordo com os resultados e observações feitas no item anterior, vale enfatizar que uma das principais e mais recorrentes dificuldades enfrentadas pelos alunos durante o desenvolvimento do trabalho consiste em não conseguir relacionar a matemática com situações cotidianas, o que dificulta a evolução de todo o processo, desde a escolha do tema até a validação do modelo. Esse tipo de dificuldade, segundo Monteiro e Pompeu (2001, p. 76) enquadra-se nos obstáculos para os professores. Além disso, ressaltamos também a postura (dos alunos) de sempre esperar que alguém faça e que alguém decida o que deve ser feito. Isto mostra que, de fato, eles não estão habituados a dividir a responsabilidade no

processo de ensino e aprendizagem, apresentando uma atitude passiva e não ativa. Para Monteiro e Pompeu (ibid.), os obstáculos estudantis englobam essa característica. Ademais, esse fator chama a atenção para um importante aspecto que deve ser explorado na formação do futuro professor. Segundo Freire (1996, p. 24), um dos saberes indispensáveis à prática educativa é se convencer de que ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção. Outro aspecto que chama a atenção é a falta de comprometimento no processo de avaliação. Indiscutivelmente, o ato de avaliar e auto-avaliar é bem mais complexo e envolve diversos fatores não abordados no âmbito deste trabalho. Entretanto, a criação de ambientes e situações que favoreçam reflexões sobre a complexidade do processo de avaliação devem estar mais presentes e ser mais exploradas nas disciplinas de um curso de licenciatura, pois avaliar será, inevitavelmente, uma das tarefas do futuro professor. Além disso, através dessas vivências o aluno, futuro professor, será estimulado a rever sua postura diante do processo ensino e aprendizagem.

Com relação aos questionários enviados aos egressos, foi pequeno o número de egressos (ex-alunos) que responderam prontamente ao instrumento. Foram necessários quatro contatos para obter a quantidade de respostas apresentada na Tabela 2.

O fato de a totalidade dos alunos que já lecionavam quando cursaram a disciplina de modelagem matemática alegar que a mesma provocou uma mudança na sua prática pedagógica evidencia a sua importância para a formação do professor. Dentre as principais mudanças na prática pedagógica apontadas pelos egressos, destacam-se: a visão prática que passaram a ter da matemática, a importância de contextualizar a matemática através da aplicação de conteúdos matemáticos em situações cotidianas, a percepção do caráter interdisciplinar do processo de ensino e aprendizagem, a possibilidade de propiciar um ambiente de pesquisa e investigação. Tais características refletem indagações importantes referentes ao currículo que, para D'Ambrósio (1996, p. 68), se define como a estratégia para a ação educativa. Além disto, os aspectos mencionados acima relacionam-se com o conceito de "currículo crítico" (Skovsmose, 2001, p. 19), no qual questões como aplicabilidade, interesses, função, relevância e limitações do assunto fazem parte de uma discussão na qual se busca a estruturação de um currículo baseado numa nova perspectiva.

Quando assumida e incorporada pelos alunos, a experiência com a modelagem matemática, apoiada na troca de experiências, gera um ambiente onde aluno e professor são cúmplices na tarefa de construir o conhecimento e obter resultados bem sucedidos. Pimentel (1994, p. 41) descreve essa relação: “É uma relação de pessoas que, na construção do conhecimento, aproxima a experiência do aluno à do professor, através de um referencial intencionalmente proposto pelo último”.

Algumas modificações na forma como a disciplina é trabalhada podem ser adotadas, buscando minimizar as dificuldades recorrentes (como a falta de tempo e a dificuldade com o trabalho em grupo). As reduções do número de temas estudados (não necessariamente dos problemas abordados em cada um deles) e do número de componentes de cada grupo merecem ser consideradas. Com essa medida, o tempo para orientação dos grupos pode ser otimizado, visto que muitas informações serão comuns e a troca de informações entre alunos dos diferentes grupos, além de favorecer uma maior interação entre todos, pode minimizar as dificuldades de relacionamento.

Diante do exposto, embora fique evidente que a utilização efetiva da modelagem matemática na prática pedagógica ocorra ainda de forma discreta e isolada (por razões diversas), acredito que na formação do futuro professor, a disciplina proporcionará um ambiente propício para que o aluno reflita sobre o processo de ensino e aprendizagem de maneira geral, reavaliando seu papel como sujeito ativo e perceba que é possível buscar diferentes formas de ação, mais significativas e contextualizadas. Parafraseando Bassanezi (2002, p. 43), “da mesma forma que só se pode aprender a jogar futebol jogando, só se aprende modelagem modelando!”. Além disso, acredito que, através da experiência vivenciada no processo de modelagem matemática, se pode perceber que não existe *a* melhor forma para que uma experiência seja bem-sucedida, mas é necessário que, através da realidade na qual está inserido, cada indivíduo busque a *sua* forma e a aprimore ao longo de sua prática pedagógica.

Referências

- BARBOSA, J. (2003). “What is mathematical modelling?” In: Lamon, S. J., PARKER, W. A. e HOUSTON, S. K. (eds.). *Mathematical Modelling: a way of life*. Chichester, Horwood Publishing.
- BARBOSA, J. C. (2007). Mathematical Modelling and parallel discussions. In: 5TH CONGRESS OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR RESEARCH IN MATHEMATICS EDUCATION. Proceedings of the 5th CERME, v.1, p.1-10. Lanarca.
- BASSANEZI, R. C. (2002). *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo, Contexto.
- BIEMBENGUT, M. S. (2004). *Modelagem matemática & implicações no ensino-aprendizagem de matemática*. 2 ed. Blumenau, Edifurb.
- BOGDAN, R.C. e BILKLEN, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Lisboa, Porto.
- D’AMBRÓSIO, U. (1996). *Educação Matemática: da teoria à prática*. Campinas, Papirus.
- FAZENDA, I. (2006). *Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa*. 13 ed. Campinas, Papirus.
- FIorentini, D. (2004). “Pesquisas práticas colaborativas ou pesquisar colaborativamente?” In: BORBA, M de C. e ARAÚJO, J. de L. *Pesquisa Qualitativa em Educação matemática*. São Paulo, Autêntica (Col. Tendências em Educação Matemática).
- FREIRE, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo, Paz e Terra.
- KAISER, G. (1995). “Results from a comparative empirical study in England and Germany on the learning of mathematics in context”. In: Sloyer, C.; Blum, W. e Huntley, I. (eds.). *Advances and perspectives in the teaching of mathematical modeling and applications*. Yorklyn, Water Street mathematics.
- LEVINE, D. M.; STEPHAN, D. F.; KREHBIEL, T. C. e BERENSON, M. L. (2005). *Estatística – Teoria e aplicações. Usando o microsoft Excel em português*. 3 ed. Rio de Janeiro, LTC.
- MONTERIO, A. e POMPEU Jr, G. (2001). *A Matemática e os temas transversais*. São Paulo, Moderna.

- PEREIRA, J.C.R. (2001). *Análise de dados qualitativos: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais*. São Paulo, Edusp.
- PIMENTEL, M. G. (1994). *O professor em construção*. Campinas, Papirus.
- SKOVSMOSE, O. (2001). *Educação matemática crítica: a questão da democracia*. Campinas, Papirus.

Recebido em abr./2008; aprovado em jun./2008