

DOZE ANOS DA PRODUÇÃO MATEMÁTICA DE ESTUDANTES DE BIOLOGIA EM UM AMBIENTE DE MODELAGEM

Ana Paula dos Santos Malheiros

apsm@rc.unesp.br

UNESP – Rio Claro

Marcelo de Carvalho Borba

gpimem@rc.unesp.br

UNESP – Rio Claro

Leandro do Nascimento Diniz

leandro.diniz@zipmail.com.br

UNESP – Rio Claro

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar um conjunto de pesquisas desenvolvidas por integrantes do GPIMEM¹ acerca do tema Modelagem e Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no contexto do curso de Ciências Biológicas, UNESP, Rio Claro. Estas são realizadas sob diferentes níveis e aspectos, proporcionando com isso a idéia de um mosaico relacionado à temática, o qual tem estado até hoje em permanente construção. Para isso, vários pesquisadores realizaram estudos com focos diferenciados, formando uma teia de conhecimentos sobre a mesma temática. Nesta Comunicação Científica estaremos focando a Produção Matemática dos alunos nessas pesquisas.

Palavras Chaves: Modelagem, Tecnologias da Informação e Comunicação, Produção Matemática.

Introdução

O objetivo deste trabalho é apresentar um recorte de um conjunto de pesquisas sobre Modelagem em sala de aula desenvolvidas pelo GPIMEM. Este grupo de pesquisa,

¹ <http://www.rc.unesp.br/igce/pgem/gpimem.html>

como sugerido pelo nome, focaliza as relações de diferentes mídias com a Educação Matemática. Neste contexto, boa parte do grupo entende que a discussão pedagógica não se esgota apenas na discussão sobre diferentes tecnologias da informação e da comunicação (TIC). Devido a sua sinergia com as tecnologias informáticas e multimídia, algumas propostas pedagógicas têm sido investigadas ao longo de 12 anos em uma mesma disciplina: Matemática Aplicada, ministrada no primeiro semestre para alunos do curso de Ciências Biológicas, UNESP, campus de Rio Claro. Diferentes membros do GPIMEM, em diversos níveis, têm realizado pesquisas com diferentes focos nesta disciplina. O próprio docente que ministra o curso, tem trabalhado a forma como as diferentes tecnologias da inteligência têm transformado as possibilidades dos trabalhos de modelagem desenvolvidos nessa disciplina ao longo dos últimos 12 anos (BORBA, VILLARREAL, 2005; BORBA, MENEGHETTI, HERMINI, 1999a). Neste período passamos da quase não disponibilidade de softwares gráficos na UNESP, em 1993 a um certo fácil acesso em 2004 de interfaces como WWW, sites de busca, etc. tanto na UNESP como em algumas residências de estudantes (casa dos pais e repúblicas). Alunos de Iniciação Científica tomaram contato com a modelagem, enquanto perspectiva pedagógica, e organizaram resumos dos trabalhos apresentados. Alguns deles cooperaram na realização de sínteses que resultaram em artigos (BORBA, BOVO, 2002). Finalmente, há também aqueles que realizaram suas dissertações de Mestrado nessa mesma disciplina. Por exemplo, Malheiros (2004) analisou a produção matemática oriunda de diversos trabalhos realizados ao longo de dez anos. Nesta comunicação científica vamos apresentar uma análise não só da produção matemática dos projetos de modelagem, assim como as influências das TIC no trabalho dos alunos. Utilizaremos para isso tanto os relatórios não publicados do GPIMEM, Malheiros (2004) e trabalhos publicados por membros do grupo que tinham outros focos, mas que agora serão analisados sobre o recorte escolhido para esse artigo.

Contexto dos estudos

Desde 1993, a disciplina Matemática Aplicada para o curso de Ciências Biológicas, UNESP, Rio Claro, é ministrada pelo mesmo docente², e, há doze anos a

² Prof. Dr. Marcelo de Carvalho Borba. Departamento de Matemática, UNESP, Rio Claro.

mesma é trabalhada por dois enfoques articulados: o experimental-com-tecnologias e a Modelagem.

Para introduzir o enfoque experimental-com-tecnologias, o docente utilizou ao longo dos últimos 12 anos as TIC, como calculadoras gráficas³, sensores como o CBR⁴, softwares gráficos, planilhas eletrônicas, Internet, applets, etc. para o ensino de funções, derivadas e integrais. Para esse enfoque foram utilizadas atividades abertas, que fomentavam a investigação por parte dos alunos, geralmente desenvolvidas por pequenos grupos de alunos. Borba, Meneghetti e Hermini (1999a) descrevem experimentação como “uma prática onde problemas abertos são propostos pelo professor e onde há uma exploração em grupos do tema relacionado à Matemática” (p. 26). Esta abordagem é desenvolvida por que diversos membros do grupo queriam verificar e discutir a sinergia entre mídias informáticas - que, por exemplo, permitem que dezenas de gráficos sejam gerados em poucos minutos, de forma dinâmica - e problemas que inspiram a investigação, a geração de conjecturas e a busca por métodos para verificá-las (para maiores detalhes ver Borba e Villarreal, 2005).

A modelagem é vista como tendo uma sinergia com as mídias informáticas na medida em que softwares permitem que curvas de tendência sejam traçadas com facilidade e nos últimos anos a Internet permite que temas atuais que ainda não estejam presentes nas bibliotecas sejam investigados e “para tentar expandir a investigação em sala de aula em direção a temas mais gerais, buscamos integrar a experimentação com tecnologia ao trabalho de modelagem” (BORBA, PENTEADO, 2001, p. 39).

Para trabalhar com a Modelagem, os alunos são convidados no início de cada disciplina a, em grupos, escolherem um tema qualquer do interesse deles e, desenvolverem um trabalho sobre o mesmo ao longo do curso. Os estudantes têm que pesquisar sobre o assunto eleito por eles, tentando relacioná-lo com conteúdos matemáticos. Todo o trabalho podendo ter a participação docente. No decorrer do semestre, os grupos devem entregar versões preliminares para que o docente possa contribuir com encaminhamentos para um melhor desenvolvimento dos mesmos, pois através de sugestões do professor os alunos

³ Modelo TI-83, da Texas Instruments.

⁴ Calculator Based Ranger – sensor da Texas Instruments que pode ser acoplado a algumas calculadoras da mesma marca, como a TI-83.

podem fazer conexões entre conteúdos matemáticos e o tema escolhido, entregando quantas versões julgarem necessárias.

No final do semestre cada grupo realiza uma apresentação oral da versão provisória do trabalho para os seus colegas e professor, a qual é filmada. Cada grupo possui uma hora para expor seu trabalho, sendo esta dividida da seguinte forma: os alunos possuem de 20 a 30 minutos para a apresentação e o restante do tempo é utilizado para perguntas e discussão sobre o mesmo.

A versão final do trabalho escrito é entregue em uma data pré-determinada pelo professor, sempre após a data da apresentação oral, para que os estudantes tenham a oportunidade de incorporar na versão final escrita os comentários e sugestões que por ventura possam surgir durante a apresentação oral. Os alunos podem ou não utilizar as TIC em seus trabalhos de Modelagem, dependendo sempre do objetivo e necessidade de cada grupo.

A Modelagem em Ação

A Modelagem vem sendo desenvolvida enquanto estratégia pedagógica em algumas turmas da UNESP, Rio Claro, sendo também objeto de pesquisa. Nestas pesquisas temos utilizado a abordagem qualitativa, que se baseia “em descrições detalhadas de situações com o objetivo de compreender os indivíduos em seus próprios termos” (GOLDENBERG, 1999, p. 53). As pesquisas qualitativas possuem algumas características básicas para que o pesquisador atinja seus objetivos, porém elas “por sua diversidade e flexibilidade, não admitem regras precisas, aplicáveis a uma ampla gama de casos” (ALVES-MAZZOTTI, 1998, p. 147). Nela, os dados coletados são predominantemente descritivos. Assim, temos um arquivo que reúne filmagens das apresentações orais de praticamente todos os trabalhos apresentados ao longo desses doze anos, as diversas versões escritas de trabalhos de cada grupo, assim como anotações feitas pelo docente fundamentalmente visando a avaliação do trabalho. Há também relatórios anuais, que se constituem em dados secundários, ou seja, realizam descrições resumidas do trabalho desenvolvido e observações iniciais sobre, por exemplo, o tipo de matemática empregada (se é que houve alguma), a participação docente no trabalho, o uso de TIC, etc.

Tais relatórios são fundamentais, para permitir uma aproximação inicial de pesquisadores, de dentro ou de fora do GPIMEM, com um conjunto de dados que têm crescido a cada ano. Finalmente, há entrevistas realizadas com alguns alunos, em geral após o final da disciplina, visando verificar se determinadas conjecturas levantadas por pesquisadores fariam sentido para os sujeitos, participantes da pesquisa.

Analisar esses dados, ou parte deles é uma tarefa de envergadura. Autores como Lincoln e Guba (1985) enfatizam a importância da utilização de diferentes procedimentos para a obtenção, e posterior análise, dos dados. Este processo é denominado *triangulação*. Embora, os procedimentos desenvolvidos pela pesquisa qualitativa não sejam rígidos, entendemos que a *triangulação* pode ser vista como um caminho a ser percorrido sempre que possível, na medida em que diferentes formas de se abordar o problema podem servir para gerar visões que se livrem de determinada limitação de um dado procedimento empregado. Para Denzin e Lincoln (2000), a *triangulação* não é uma ferramenta ou estratégia de validação, mas uma alternativa para ela, e acrescentam que a combinação de vários procedimentos metodológicos proporciona um melhor entendimento e análise dos dados, com o objetivo de “abranger a máxima amplitude na descrição, explicação e compreensão do objeto de estudo” (GOLDENBERG, 1999, p. 63).

Araújo e Borba (2004) apresentam a idéia de “estender a noção de *triangulação* em uma pesquisa para a triangulação na pesquisa de um grupo, que se realiza, dentre outras formas, por meio das pesquisas de cada um de seus membros que, por sua vez, estão relacionadas entre si” (p. 36). Assim, com a diversidade de procedimentos frente a uma quantidade ampla de material (versões de trabalhos, fitas de vídeo, etc), a análise deste conjunto de pesquisas pode levar a uma compreensão mais ampla. No caso do GPIMEM, estaríamos com essa tecedura, compreendendo a partir de perguntas específicas um tema mais amplo: a sinergia entre as TIC e a Modelagem, vistas enquanto estratégias pedagógicas.

Assim, o GPIMEM utiliza desta prática em pesquisas relacionadas à Modelagem e TIC, permitindo assim “que uma pesquisa não fique isolada, ou seja, que ela não seja compreendida individualmente e sim interligada a outras pesquisas” (ARAÚJO, BORBA, 2004, p. 36). Estes autores acreditam que “um trabalho em grupo permite que diversos focos sejam escolhidos, diversos procedimentos sobre o mesmo foco sejam utilizados,

proporcionando uma perspectiva mais global de um fenômeno em estudo” (p. 38), que no caso, é a sinergia entre a Modelagem e as TIC.

Constituindo um Mosaico

Conforme exposto, o GPIMEM possui um grande acervo de dados referentes à disciplina Matemática Aplicada, o que facilitou as pesquisas realizadas e outras que estão em andamento⁵. A noção de triangular várias pesquisas, conforme apresentado, visa a uma síntese de um processo que necessita de tempo para que a reflexão se depure ou se destile.

Por outro lado temos a metáfora de mosaico (BORBA, 2004) que vê esse conjunto de pesquisas distintas, realizadas por pesquisadores diferentes, com focos diversos de forma mais imediata. Essa diversidade, de forma semelhante a um mosaico, pode ser vista como um conjunto de figuras geométricas. Em mais um passo provisório dessa síntese, nesta seção destacaremos a produção matemática dos alunos, em trabalhos que tiveram, via de regra, outros focos.

Em Borba, Meneghetti e Hermeni (1999a), os autores trataram de questões relacionadas à utilização de calculadoras gráficas e interdisciplinaridade em um ambiente de Modelagem, a partir de um trabalho desenvolvido por um grupo de alunas, “que teve como objetivo analisar a influência de diferentes substratos na germinação e no desenvolvimento de mudas de plantas [...], além de determinar qual o melhor substrato para o seu desenvolvimento” (p. 78-9) em relação ao número de germinação e de porte das mudas. As alunas acompanharam por um período de 18 dias o crescimento das mudas (foram utilizadas três tipos), em diferentes condições, e, após coletarem os dados, traçaram os gráficos e perceberam que as curvas de crescimento eram curvas que se assemelhavam às de funções exponenciais e as de germinações, às de funções logarítmicas. Os autores destacam várias questões acerca da experiência realizada com as alunas e concluíram que as estudantes “puderam experimentar a relação entre a prática científica de sua carreira e a Matemática” (p. 92). Nesse artigo, pode se ver que a matemática utilizada foram funções, e que há também o uso de software gráfico para o traçado de gráficos. É possível neste

⁵ Por exemplo, o terceiro autor deste texto está iniciando mais uma pesquisa sob um foco diferenciado, em nível de Mestrado.

trabalho notar a influência do enfoque experimental-com-calculadoras nos trabalhos de modelagem e a forma como a matemática se mescla com a Biologia.

Em um outro artigo, os mesmos autores, colocam a questão da avaliação em debate, (BORBA, MENEGHETTI, HERMINI, 1999b). O objetivo inicial era - para quebrar com o “otimismo” dos artigos de pesquisa que só relatam exemplos que parecem favorecer uma dada abordagem – reportar e discutir sobre um trabalho “que não deu certo”. Mas o que significa isso? Como o docente-pesquisador avalia os trabalhos, a partir de critérios pré-estabelecidos, e o que deve ser considerado um bom ou mau trabalho de modelagem dentro do contexto das aulas para os alunos da Biologia? O trabalho utilizado para ilustrar a análise era intitulado “Desmatamento no Brasil”, desenvolvido por um grupo de alunos da turma de 1996. Para esta comunicação científica o que interessa é que os autores criticam a ausência de matemática no desenvolvimento do trabalho, embora tenham sido feitas sugestões e encaminhamentos por parte do professor. Isso não foi o motivo que levou o trabalho à não ser considerado bom, mas sim o fato de haver caminhos sugeridos para um entrelaçamento do tema com as idéias matemáticas, mas que não foram desenvolvidas. Foi falha do professor? Foi falha dos alunos? O artigo não é conclusivo. De todo modo, é importante realçar que há trabalhos que geram matemática aquém do esperado. Há outros que seriam considerados triviais dentro do contexto de um curso introdutório de Cálculo, seja devido aos problemas como desse grupo, ou devido aos temas escolhidos, que às vezes não vai além do que a geração de “gráficos de pizza”. Por exemplo, no trabalho “Prática de Atividades Físicas por alunos da Unesp, Rio Claro”, turma de 1999 diurno, uma enquete foi realizada a partir de um longo trabalho de campo, mas o professor não viu como relacionar esse tema com o Cálculo. Isso não é visto, em termos de notas ou em termos de pesquisa, como bom ou mau, mas é uma faceta da produção matemática dos alunos.

Já em Borba (1999), o foco era a própria noção de função. Que tipo de ensino de funções deveríamos ter, no então novo século que se aproximava? Diversos exemplos envolvendo a transformação de tópicos ensinados devido à presença das novas tecnologias da inteligência são apresentados e discutidos, com a utilização de metáfora de uma viagem ao novo século, onde não se deve levar tudo que já temos em nossa confortável casa (o século XX). Um dos tópicos apresentado sobre o que deveríamos levar é o trabalho de modelagem. Um exemplo é apresentado, onde de um trabalho intitulado “Fotossíntese:

Liberação de O_2 mm Elodea” da turma de 1999, noturno, a relação entre a luminosidade e a velocidade da fotossíntese, apresentada através de um gráfico no trabalho, é utilizada para introduzir a noção de integração. Os alunos até aquele momento só haviam sido apresentados à derivada dentro de outros enfoques pedagógicos desenvolvidos na disciplina. Dessa forma, o trabalho de modelagem é utilizado, durante a apresentação oral do mesmo, para que seja introduzida uma primeira noção de integração para todos os alunos da turma. O mesmo exemplo da utilização dos dados oriundos da disciplina Matemática aplicada está descrito em Borba (2002), onde o autor relata a associação realizada entre os dados obtidos em livros e na Internet sobre a fotossíntese e conceitos matemáticos como função e derivada, a partir de um gráfico que relacionava a “velocidade da fotossíntese” em função da quantidade de CO_2 . Através da discussão, proporcionada pelo professor e os integrantes do grupo, sobre o gráfico e suas diversas possibilidades, e também ao utilizarem as TIC disponíveis para realizarem algumas experimentações, os alunos acabam gerando conexões entre os temas matemáticos estudados em sala de aula e o tema pesquisado. Com isso, o autor supõe que os alunos entenderam parte relevante dos conceitos de derivação e integração, e não apenas assimilaram as regras para calcular derivadas e integrais.

O trabalho que tratava da “germinação das sementes de melão”, no qual o grupo tentou relacionar temperatura com o percentual de sementes que germinaram é apresentado em Borba e Penteadó (2001) onde é destacada a utilização de calculadoras gráficas, utilizadas para experimentação, possibilitando que os alunos concluíssem alguns fatos diante do problema inicial, como por exemplo, a decisão de escolha da aproximação de uma função para os dados coletados. “Para isso, o grupo combinou argumentos que estão na interface da biologia com a matemática para decidir por esta família de funções” (p. 41), que no caso era função quadrática, já que os alunos “sabiam que temperaturas muito baixas e muito altas levariam à não germinação das sementes e gostariam de saber qual seria a temperatura ótima para se atingir uma maior quantidade de sementes germinadas” (p. 41) e para isso, utilizaram o conhecimento que adquiriram através de pesquisas sobre germinação, além de funções e derivadas. Neste artigo, a coleta de dados ligados a biologia dão um colorido interdisciplinar ao ajuste de uma função, com o auxílio de software, desenvolvido com os métodos matemáticos pelos alunos naquele momento.

Borba e Bovo (2002) possuíam em seu artigo os seguintes focos: iniciação científica e interdisciplinaridade no âmbito de trabalhos de modelagem. O exemplo apresentado relata o caso de uma aluna que fazia parte de um grupo e deu continuidade a este trabalho desenvolvido durante a disciplina (“O caso dos estômatos”, 1998), em sua Iniciação Científica. Os autores enfatizam a importância da interdisciplinaridade, ao longo do texto, considerando a Modelagem como um dos caminhos possíveis para isso, pois sem o conhecimento matemático e o auxílio de TIC, no caso, as calculadoras gráficas, as alunas não conseguiriam ajustar uma curva que representava o comprimento dos estômatos em função da intensidade luminosa e explicaram biologicamente o porque da escolha da função.

Malheiros (2004) apresenta uma nova forma de proceder dentro das investigações do grupo. Ao invés de olhar um trabalho a fundo e ver um tema, como a relação entre modelagem e tecnologia, modelagem e interdisciplinaridade, ou modelagem e iniciação científica, ela investigou todos os trabalhos existentes e selecionou diferentes exemplos, que ilustravam diversos aspectos da produção matemática dos alunos. Ela analisou 92 trabalhos de modelagem desenvolvidos por catorze turmas, distribuídas ao longo de dez anos. A relevância desse estudo se deve ao fato de existir um número reduzido de pesquisas na área de modelagem tendo a produção matemática dos alunos como foco central. Malheiros (2004) sistematiza boa parte do trabalho feito, amplia e consolida o já feito com análise de novos exemplos e acrescenta novos temas para a pesquisa do grupo. Em particular ela realça aspectos do que vem sendo denominada Educação Matemática Crítica (SKOVSMOSE, 2001) a trabalhos realizados pelos grupos de alunos ao longo desses anos. A principal conclusão é que conteúdos já aprendidos são utilizados pelos alunos e que novos conceitos associados ao Cálculo Diferencial e Integral podem ser introduzidos e desenvolvidos ao longo da disciplina. Malheiros (2004) descreve e exemplifica que a Modelagem, muitas vezes, pode ser associada a outras estratégias pedagógicas. Ela cita que os conteúdos matemáticos apareceram em diversos níveis e intensidade.

Há também que se destacar um processo de ressignificação de conteúdos que já haviam sido estudados pelos alunos, ao longo da elaboração dos trabalhos. Os estudantes passam a olhar não apenas para a Matemática ou Biologia, e sim para essas duas áreas do conhecimento, com um objetivo específico, como na análise dos termos ‘a’ e ‘b’ das funções do primeiro

grau no trabalho “Estudo da Alimentação de algumas espécies de Peixes na água doce na Represa do Lobo, Itirapina – SP” (p. 162).

Borba e Villarreal (2005) publicam um livro que envolve questões como TIC, Modelagem, Experimentação e Visualização, baseados na noção de seres-humanos-com-mídias. Para eles, o conhecimento matemático e sua produção são fortemente influenciados pelas mídias utilizadas, e não apenas pela forma como é expresso. A partir desta idéia, a noção de Modelagem é tratada neste livro com um diferencial. A produção matemática dos alunos passa a ser tratada como a produção de coletivos formados por esses alunos e as TIC disponíveis. Esse caminho, que já vinha sendo gestado nos trabalhos do GPIMEM já citados anteriormente, apontam as novas direções que estão sendo percorridas pelo grupo.

A Produção Matemática dos alunos e seres-humanos-com-mídias

A Produção Matemática dos estudantes de Biologia foi pesquisada sobre diferentes focos ao longo dos doze anos em que foram desenvolvidos os trabalhos na disciplina Matemática Aplicada. A maneira como a Modelagem é apresentada nestes trabalhos, aliada as TIC, revela como os alunos podem se interessar em discutir um conceito matemático para concluir determinado fato biológico, e com isso, compreender este conceito.

As atividades de experimentação-com-tecnologias também se mostraram extremamente importantes para o desenvolvimento dos trabalhos de Modelagem, pois, ao estimular a investigação e discussão matemática em sala de aula, através de atividades investigativas com a utilização de recursos tecnológicos, o professor instigava os alunos a realizarem investigações nos problemas que surgiam durante o desenvolvimento dos trabalhos de Modelagem.

Borba (2002) considera “a informática, vista como mídia qualitativamente diferenciada, está transformando a forma de fazer matemática” (p. 150), e, aliada a Modelagem, enquanto estratégia pedagógica, pode favorecer a produção do conhecimento, que passa a ser visto “como um produto não apenas do ser humano ou de um coletivo de seres humanos, mas sim como um produto seres-humanos-mídias” (BORBA, 2002, p. 151). Ele ainda enfatiza que “o conhecimento produzido sofre drásticas mudanças quando mídias

qualitativamente diferentes são incorporadas aos coletivos seres humanos-mídias” (BORBA, 2002, p. 151).

Tanto em Malheiros (2004) quanto em Borba e Villarreal (2005) são ilustrados como que tecnologias da inteligência, escrita, os softwares gráficos e Internet com sua interface WWW, não só circundam os trabalhos, mas são verdadeiros atores, ilustrando como que a noção de seres-humanos-com-mídias pode ser útil para mostrar a integração de escrita, software gráfico e Internet na produção matemática dos alunos. No momento, estamos investigando, enquanto grupo o papel da Internet na produção matemática dos alunos, mas também na solidão a qual se encontra o professor para assessorar alunos de turmas que escolhem diversos temas para seus trabalhos.

Referências Bibliográficas

- ALVES-MAZZOTTI, A. Parte II - O Método nas Ciências Sociais. In.: A. J. Alves-Mazzotti, F. Gewamdsznadjder. *O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. São Paulo: Pioneira, 1998.
- ARAÚJO, J. L.; BORBA, M. C., Construindo Pesquisas Coletivamente em Educação Matemática. In: Borba, M. C.; Araújo, J. L. (Org.) *Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática*. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.
- BORBA, M. C. <http://www.clubedematematica.com.br/gt19/M19minicursoborba.doc>, Anped, 2004.
- BORBA, M. C., O Computador é a solução: Mas qual é o Problema. In: Severino, A. J., Fazenda. I. C. A. (Orgs.) *Formação Docente: Rupturas e Possibilidades*, Campinas, SP, Papirus Editora p.151 - 162, 2002.
- BORBA, M. C., *Lo que debemos llevar para el siglo XXI: el caso de las funciones*. Revista Uno, Volume VI, nº 22, Barcelona, Espanha, p.45 – 54, 1999.
- BORBA, M. C., VILLARREAL, M. E. *Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking: Information and Communication Technologies, Modeling, Visualization and Experimentation*. New York: Springer Science+Business Media, Inc., 2005.

- BORBA, M. C., BOVO, A. A. Modelagem em sala de aula de matemática: interdisciplinaridade e pesquisa em biologia. In: *Revista de Educação Matemática – SBEM - SP*, ano 8, nº 6 e 7, 2001 – 2002, pp. 27 – 34.
- BORBA, M. C., PENTEADO, M. G. *Informática e Educação Matemática*. Editora Autêntica, Belo Horizonte, 2001.
- 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. In: E. K. Fainguelernt, F. C. Gottlieb (Org.) *Calculadoras Gráficas e Educação Matemática*, Rio de Janeiro: Art Bureau, p. 75-94. 1999a.
- BORBA, M. C., MENEGHETTI, R. C. G. & HERMINI, H. A., Estabelecendo Critérios para Avaliação do Uso de Modelagem em Sala de Aula: estudo de um caso em um curso de Ciências Biológicas. In: E. K. Fainguelernt, F. C. Gottlieb (Org.) *Calculadoras Gráficas e Educação Matemática*, Rio de Janeiro: Art Bureau, p.95-113, 1999b.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. *The Discipline and Practice of Qualitative Research: handbook of qualitative research*. 2nd ed. London: Sage Publication, 2000.
- GOLDENBERG, M., *A arte de pesquisar - Como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais*. Rio de Janeiro: Editora Record, 1999.
- LINCOLN, Y. S. & GUBA, E. G. *Naturalistic Inquiry*. Sage Publications, 1985.
- MALHEIROS, A. P. S. *A Produção Matemática dos Alunos em Ambiente de Modelagem*, Dissertação (Mestrado em Educação Matemática), UNESP, Rio Claro, 2004.