



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA  
E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS**

**ANDRÉIA MARIA PEREIRA DE OLIVEIRA**

**MODELAGEM MATEMÁTICA E AS TENSÕES NOS  
DISCURSOS DOS PROFESSORES**

Salvador  
2010

**ANDRÉIA MARIA PEREIRA DE OLIVEIRA**

**MODELAGEM MATEMÁTICA E AS TENSÕES NOS  
DISCURSOS DOS PROFESSORES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, para a obtenção do grau de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração em Educação Científica e Formação de Professores.

Orientador: Prof. Dr. Jonei Cerqueira Barbosa

Salvador – BA  
2010

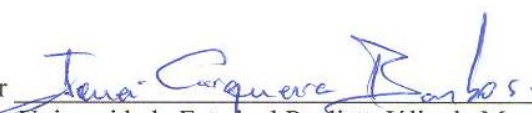
O48	<p>Oliveira, Andréia Maria Pereira de  Modelagem matemática e as tensões nos discursos dos professores / Andréia Maria Pereira de Oliveira. – 2010.  199 f.</p> <p>Orientador: Profº Dr. Jonei Cerqueira Barbosa.  Tese (doutorado) Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física.  Universidade Estadual de Feira de Santana, 2010.</p> <p>1. Matemática – Estudo e ensino. 2. Práticas de ensino. 3. Professores-Formação. 4. Ciência – Estudo e ensino. I. Barbosa, Jonei Cerqueira. II. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.</p> <p>CDD – 510.7  CDU – 51(07)</p>
-----	---

ANDRÉIA MARIA PEREIRA DE OLIVEIRA


MODELAGEM MATEMÁTICA E AS TENSÕES NOS DISCURSOS DOS PROFESSORES

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração em Educação Científica e Formação de Professores, Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, pela seguinte banca examinadora:

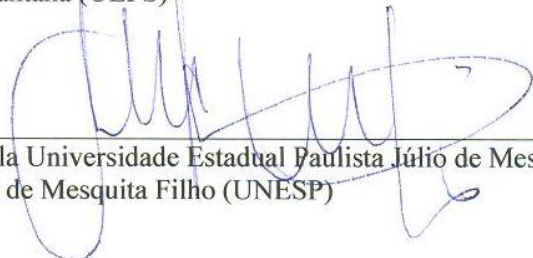
Jonei Cerqueira Barbosa – Orientador

  
Doutor em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

André Luís Mattedi Dias

  
Doutor em História Social pela Universidade de São Paulo  
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

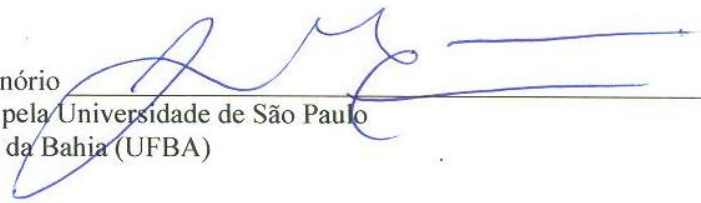
Antonio Vicente Marafioti Garnica

  
Doutor em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)

Dario Fiorentini

  
Doutor em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas  
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Robinson Moreira Tenório

  
Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo  
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Resultado: APROVADA

Salvador, 12 de abril de 2010.

Minha preferência é ser tão explícito quanto possível. Então, pelo menos, minha voz pode ser desconstruída.

– Basil Bernstein, sociólogo –

Aos meus pais, em especial, a minha mãe,  
Mauricéa, pelo amor e dedicação com que  
sempre acompanham a minha caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grata pelo apoio e incentivo de muitas pessoas que participaram ao longo da caminhada que resultou nesta tese. Em especial,

Ao meu orientador, Jonei Cerqueira Barbosa, por ter me concedido o privilégio de ser sua orientanda; por ter me desafiado, exigido e acompanhado; pela interlocução constante. Muitíssimo obrigada por tudo Jonei.

Ao professor Stephen Lerman (London South Bank University – Londres), pela orientação durante o estágio sanduíche. *Thank you so much.*

Aos participantes da pesquisa Boli, Maria e Vitória, por ter permitido que eu coletasse os dados da pesquisa que fundamentam esta tese em suas salas de aula, pela atenção e disponibilidade manifestadas. Sou imensamente grata a vocês.

Aos professores Antonio Vicente Marafioti Garnica, Charbel Niño El-Hani, Dario Fiorentini e Robinson Moreira Tenório, pelas sugestões e comentários apresentados no exame de qualificação. Muito obrigada.

Aos professores André Luís Mattedi Dias, Charbel Niño El-Hani e José Carlos Barreto de Santana, o meu agradecimento pela atenção sempre dispensada.

Aos colegas do Núcleo de Pesquisas em Modelagem Matemática: Jonei Cerqueira Barbosa, Airam da Silva Prado, Ana Virgínia de Almeida Luna, Elizabeth Gomes Souza, Jaíra de Souza Gomes Bispo, Jamille Vilas Boas de Souza, Jonson Ney Dias da Silva, Lilian Aragão da Silva, Maiana Santana da Silva, Marcelo Leon Caffé de Oliveira, Marluce Alves dos Santos, Thaine Souza Santana e Wedeson Oliveira Costa, agradeço o nosso convívio e interlocução. Obrigada NUPEMM!

Aos colegas do Grupo Colaborativo em Modelagem Matemática: Airam da Silva Prado, Carlos Henrique Carneiro, Celina Nunes Bacellar, Elaisse Araújo Silva, Elizabeth Gomes Souza, Jonei Cerqueira Barbosa, Jonson Ney Dias da Silva, Joubert Lima Ferreira, Lilian Aragão da Silva, Maiana Santana da Silva, Marcelo Leon Caffé de Oliveira, Mércia Cleide Barbosa Mota, Romualdo André da Costa, Sofia Marinho da Natividade, Thaine Souza Santana e Wedeson Oliveira Costa, o meu agradecimento pelo nosso convívio, discussões e trocas de experiências. Obrigada GCMM!

Aos colegas do PPGEFHC, Claudia, Diogo, Elder, Fabiano, Fredy, Helenadja, Isaura, Nei, Nívea, Marluce, Patrocínio, Renata, pelas nossas lutas, discussões, trocas e pelos momentos de alegria e descontração. Obrigada pessoal!

Aos colegas da London South Bank University, Allan, Andy, Edith, Fidele, Julia, Lindsey, Marcelo Batarce, Maria e Vivian, pela acolhida e ajuda com a língua inglesa. *Thank you very much for everything.* À amiga, Patrícia Guidine, pela amizade construída durante o estágio sanduíche.

Aos meus irmãos, Wedja e Jefferson, e meu cunhado, Walmon, muito obrigada pelo apoio, cuidado e preocupação constante.

Aos meus sobrinhos, pelos momentos de alegria e brincadeiras. Tia Déia agradece com muito carinho.

Jonei, meu grande amigo, pela atenção, carinho e amizade. Minha profunda gratidão sempre. Quero você sempre por perto.

A minha amiga Cláudia Sepúlveda, pela amizade construída durante o doutorado. Valeu escudeira!

Às amigas, Helena Cury, Norma Allevato, Déa Fernandes, Lulu Healy e ao amigo Alessandro Ribeiro pela amizade, atenção e estímulo sempre evidenciados nas nossas conversas.

Às amigas do tempo da educação básica e superior, Catiane, Márcia e Anete, que demonstraram, mesmo não estando por perto, preocupação e apoio.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Feira de Santana e do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, pela atenção aos meus pedidos e solicitações. Muito obrigada.

Por fim, agradeço o apoio financeiro da FAPESB.

*Andréia Oliveira, Deinha.*



## RESUMO

As tensões que foram manifestadas nos discursos dos professores, quando recontextualizaram a modelagem matemática em suas práticas pedagógicas, foi o objeto de pesquisa desta tese. A teoria dos códigos de Basil Bernstein fundamentou a elaboração da noção teórica *tensões nos discursos*. Os participantes da pesquisa foram três professores da educação básica, que lecionam em escolas públicas em municípios do Estado da Bahia. Os dados referentes à abordagem qualitativa de pesquisa foram originados de observações das aulas dos professores, de entrevistas realizadas após cada aula e da análise de documentos, as narrativas escritas pelos professores referentes a cada aula. As *tensões nos discursos* são constituídas pela descontinuidade entre os discursos já estabelecidos e consolidados na prática pedagógica e o discurso sobre modelagem. Os resultados apontam que as tensões foram manifestadas nos discursos dos professores quando eles tiveram que decidir o que fazer e como fazer na recontextualização da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas, sendo identificadas oito tensões: *a tensão da escolha do tema, a tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica, a tensão da participação dos alunos, a tensão da abordagem das respostas dos alunos, a tensão da abordagem do conteúdo matemático, a tensão das situações inesperadas, a tensão da interação com os alunos e a tensão da intervenção do professor*. Essas tensões foram manifestadas em três dimensões da prática pedagógica em modelagem: *no planejamento das ações, nas ações da prática pedagógica e na abordagem das ações dos alunos*.

**Palavras-chave:** Educação Matemática. Modelagem matemática. Prática pedagógica. Professores. Tensões nos discursos.

## ABSTRACT

The tensions that were manifested in the teachers' discourses, when they recontextualized mathematical modelling in their pedagogic practices, were the object of research in this thesis. The theory of Basil Bernstein's codes based the elaboration of the theoretical notion *tensions in discourses*. The participants in this research were three teachers from the basic education that teach at public schools in cities of the state of Bahia. The data regarding the qualitative approach of research were originated from observations of the teachers' lessons, interviews accomplished after each lesson and the analysis of documents, the narratives written by teachers regarding each lesson. The *tensions in discourses* are constituted by the discontinuity among already established and consolidated discourses in pedagogic practice and discourse on modelling. The results point that the tensions were manifested in the teachers' discourses when they had to decide what to do and how, in the recontextualization of the modelling in their pedagogic practices, once there had been identified eight tensions: *the tension of the choice of the theme, the tension of the sequencing and pace in the pedagogic practice, the tension of the students' participation, the tension of the approach of the students' answers, the tension of the approach of the mathematical content, the tension of the unexpected situations, the tension of the interaction with the students and the tension of the teacher's intervention*. Those tensions were manifested in three dimensions of the pedagogic practice in modelling: *in the planning of the actions, in the actions of the pedagogic practice and in the approach of the students' actions*.

**Key words:** Mathematics Education. Mathematical modelling. Pedagogic practice. Teachers. Tensions in discourses.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	1
O CONTATO COM MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	1
A ORGANIZAÇÃO DA TESE	5
<b>CAPÍTULO 1. A PESQUISA</b>	8
1.1 MODELAGEM NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	8
1.2 MODELAGEM MATEMÁTICA NA SALA DE AULA	12
1.3 MODELAGEM MATEMÁTICA E OS PROFESSORES	18
1.4 A INSPIRAÇÃO NA ABORDAGEM SOCIOLÓGICA DE BASIL BERNSTEIN	22
1.5 A PERGUNTA NORTEADORA E OS OBJETIVOS	29
1.6 A RELEVÂNCIA DA PESQUISA	30
1.7 O CONTEXTO DA PESQUISA	32
1.8 OS PARTICIPANTES DA PESQUISA	35
1.8.1 Boli	35
1.8.2 Maria	36
1.8.3 Vitória	37
1.9 A METODOLOGIA DA PESQUISA	39
1.9.1 Os fundamentos metodológicos da pesquisa	39
1.9.2 O método qualitativo	41
1.9.3 Os procedimentos de coleta dos dados	42
1.9.4 O processo de análise dos dados	45
1.10 AS LIMITAÇÕES DA PESQUISA	47
<b>CAPÍTULO 2. ARTIGOS</b>	48
2.1 Artigo 1 – <i>Mathematical modelling in pedagogic practices: tensions in teachers' discourses</i>	50
2.2 Artigo 2 – <i>Modelagem matemática e situações de tensão na prática pedagógica dos professores</i>	79
2.3 Artigo 3 – <i>Mathematical modelling in pedagogic practices: teachers understanding and dealing with tensions in discourses</i>	107

<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>MODELAGEM MATEMÁTICA E TENSÕES NOS DISCURSOS: UMA DISCUSSÃO</b>	137
3.1	RETOMADA DOS OBJETIVOS DOS ARTIGOS	137
3.2	AS TENSÕES NOS DISCURSOS DOS PROFESSORES	140
3.2.1	A tensão da escolha do tema	140
3.2.2	A tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica	143
3.2.3	A tensão da participação dos alunos	145
3.2.4	A tensão da abordagem das respostas dos alunos	148
3.2.5	A tensão da interação com os alunos	149
3.2.6	A tensão da intervenção do professor	151
3.2.7	A tensão da abordagem do conteúdo matemático	153
3.2.8	A tensão das situações inesperadas	156
3.3	UMA SISTEMATIZAÇÃO PARA AS TENSÕES NOS DISCURSOS	157
<b>CAPÍTULO 4.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	164
4.1	RETOMADA DA PERGUNTA DE PESQUISA	164
4.2	IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS DA PESQUISA PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E PARA A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	167
4.3	IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS DA PESQUISA PARA A PRÁTICA PEDAGÓGICA DOS PROFESSORES	170
4.4	AS LIMITAÇÕES DESTA PESQUISA	172
<b>REFERÊNCIAS</b>		174
<b>APÊNDICE</b>		186

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1.7	As disciplinas da Licenciatura em Matemática	33
Quadro 1	Artigo 2	99
Quadro 2	Artigo 2	100
Quadro 3.3	Relação entre as dimensões da prática pedagógica em modelagem e as tensões nos discursos	162

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1	Artigo 1	62
----------	----------	----

## INTRODUÇÃO

Nesta introdução, trago as circunstâncias que me aproximaram das áreas de Educação Matemática e de Ensino de Ciências, bem como do contato com a modelagem matemática. Situo a configuração da pesquisa na trajetória da minha prática docente, mostrando como o contato com a literatura gerou inquietações e reflexões que desencadearam o problema norteador desta investigação. Em seguida, detalho a organização da tese, apresentando a sua estrutura.

### O CONTATO COM MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Em 1994, como membro do colegiado estudantil dos licenciandos em Matemática, o Diretório Acadêmico (DA), organizei, juntamente com os colegas, a *I Semana de Matemática da Universidade Católica do Salvador*, com o objetivo de abrir um espaço para discutir questões relativas à Educação Matemática<sup>1</sup>, bem como de incentivar a apresentação de relatos de experiências de sala de aula por parte dos alunos e dos professores do curso. Assim, foi durante essa semana que tive o meu primeiro contato com modelagem matemática<sup>2</sup>, ao assistir a palestra proferida pela professora Dra. Maria Salett Biembengut, da Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB). As ideias apresentadas nessa palestra me fizeram pensar como as relações entre a matemática, outras áreas do conhecimento e situações do dia a dia poderiam ser utilizadas nas aulas. A partir daí, esse tema passou a fazer parte do meu interesse e debruicei-me em leituras para compreender como modelagem poderia ser implementada em sala de aula.

No decorrer da licenciatura, trabalhei em diversos cursos de formação continuada para professores do ensino fundamental, no interior e na capital da Bahia, promovidos pelo

---

<sup>1</sup> A Educação Matemática é “um todo que se mostra de diferentes modos: na rua, na escola, nas teorias, na cultura, no currículo, na legislação, na política educacional, na mídia, na multimídia” (BICUDO, p. 26, 1999). Ela é uma área de conhecimento das ciências sociais ou humanas, que apresenta interlocução com a matemática, a pedagogia, a antropologia, a sociologia, a psicologia, a filosofia e a história, entre outras. Ou seja, ela tem um “discurso específico, cujo objeto é interdisciplinar, começa a ser constituído num diálogo interáreas” (GARNICA, 1999, p. 60). A Educação Matemática “caracteriza-se como uma práxis que envolve o domínio do conteúdo específico (a matemática) e o domínio de idéias e processos pedagógicos relativos à transmissão/assimilação e/ou à apropriação/construção do saber matemático escolar” (FIORENTINI; LORENZATO, 2006, p. 5), bem como do saber matemático em outros contextos diversos.

<sup>2</sup> Para evitar repetições textuais, omitirei em alguns momentos, nesta tese, a palavra *matemática* da expressão *modelagem matemática*, ficando esta implícita.

Instituto Anísio Teixeira (IAT), órgão vinculado à Secretaria de Educação do Estado da Bahia (SEC-BA). Durante os cursos, convivi com entusiasmos, preocupações, incertezas e dilemas<sup>3</sup> dos professores diante das propostas apresentadas para as mudanças de práticas. Apesar de os professores reconhecerem a importância de implementá-las, eles ressaltavam a insegurança como argumento para não realizá-las em suas salas de aula, mencionando ainda as características do contexto escolar e do currículo. A insegurança era justificada pelos seguintes aspectos: a quantidade de alunos nas turmas, a falta de recursos, o pouco envolvimento dos alunos. Assim, percebi que os professores estavam imersos em um contexto de confronto entre o discurso das práticas pedagógicas<sup>4</sup> tradicionais vigentes nas escolas e o discurso de mudanças de práticas para o ensino de matemática presentes nos cursos. Além disso, comecei a refletir sobre as maneiras como poderia desenvolver alguma mudança na minha prática pedagógica, percebendo que certa tensão também se mostrava presente nas minhas ações docentes e nas rotinas das aulas. Portanto, assim como esses professores, tinha receio de desenvolver algum ambiente de mudança de prática em sala de aula, pelos motivos ressaltados anteriormente.

Em 2000, entretanto, com o apoio e a orientação do professor Jonei Cerqueira Barbosa, decidi utilizar pela primeira vez, a modelagem matemática no ensino fundamental, em uma escola particular em Salvador, Bahia. Essa experiência me possibilitou refletir sobre a integração curricular da modelagem a partir da investigação e da exploração de temas não matemáticos na sala de aula, inspirando a produção de um ensaio, não publicado, intitulado *Modelagem matemáticos e sala de aula: um zoom em uma experiência* (BARBOSA; OLIVEIRA, 2001) e outro, publicado, intitulado *Modelagem matemática e currículo: uma integração possível* (OLIVEIRA, 2001). Esse último foi apresentado no VII Encontro Nacional de Educação Matemática, em 2001, no Rio de Janeiro.

A participação nos programas de formação continuada, como formadora, nutriu um incômodo inicial: como os cursos de formação continuada influenciam o professor na abordagem da matemática em sala de aula? Em 2001, ingressei com essa inquietação no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Estadual Paulista –

---

<sup>3</sup> A palavra dilema, do grego *dilemma*, é uma “situação embaraçosa em que nos encontramos, devendo escolher necessariamente entre dois partidos ou pontos de vistas rejeitáveis caso não fôssemos obrigados a escolher” (JAPIASSÚ; MARCONDES, 1996, p. 72).

<sup>4</sup> A expressão *prática pedagógica* será definida em termos mais precisos no primeiro capítulo na seção 1.4. Por ora, considero, de maneira intuitiva, como o processo de ensino e aprendizagem que acontece em um contexto específico.

UNESP (PGEM/UNESP), *campus* de Rio Claro. Nos dois anos em que desenvolvi a pesquisa de mestrado<sup>5</sup>, estive detidamente envolvida com a linha de pesquisa sobre formação de professores, mas a modelagem não deixou de receber atenção nas leituras e nas atividades desenvolvidas durante o curso.

A dissertação de mestrado (OLIVEIRA, 2003) focalizou as experiências dos professores em contato com propostas de mudanças de práticas, durante um programa de formação, discutindo suas percepções acerca da contribuição dessa modalidade para a prática docente e o desenvolvimento profissional dos professores. Entre os resultados da pesquisa, dois aspectos mostraram indícios de uma tensão em relação à contribuição que o curso poderia proporcionar para as práticas pedagógicas dos professores e o contexto escolar: a construção de uma maneira diferente de ensinar e a organização da escola. Em relação ao primeiro aspecto, os professores enfrentaram problemas nas suas atividades profissionais, como, por exemplo, sobrecarga de trabalho e isolamento, que os estimulam a buscar cursos de formação, com a intenção de conhecer possibilidades e alternativas para enfrentarem tal situação juntamente com outros pares. O segundo aspecto enfocava a preocupação com o desenvolvimento de propostas de mudanças de práticas e a falta de condições para realizá-las no contexto escolar. Assim, nesse segundo aspecto, foram discutidas as dificuldades enfrentadas pelos professores para a realização das atividades do curso na escola.

Como implicações dessa pesquisa, concluiu-se que os cursos de formação precisam agendar a discussão das experiências dos professores, a fim de refletir sobre os dilemas constituídos no desenvolvimento de mudanças de práticas no contexto escolar. Portanto, a tensão que os docentes enfrentaram na realização de alguma mudança de prática nas suas aulas foi um aspecto percebido por eles e esteve presente na discussão dos dados da pesquisa. Entretanto, como o objeto da investigação era outro, não foram desenvolvidas discussões mais sistemáticas sobre esta categoria, ficando a proposta de que pesquisas futuras explorassem a natureza das preocupações, dos dilemas e das dificuldades, quando professores desenvolvem mudanças de práticas em suas salas de aulas. Essa demanda apontada na conclusão da pesquisa passou, então, a ser objeto das minhas reflexões e atenções.

---

<sup>5</sup> Na pesquisa que fundamentou a dissertação de mestrado, intitulada *Formação continuada de professores de Matemática e suas percepções sobre as contribuições de um curso* (OLIVEIRA, 2003), investiguei como os professores de Matemática percebem a contribuição das atividades de um curso de formação continuada nas suas práticas pedagógicas. Tive como participantes da pesquisa cinco professores do Projeto Integrado de Física e Matemática para professores da Rede Pública – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Programa PRÓ-CIÊNCIAS.



Ao final do curso de mestrado, comecei a lecionar na Licenciatura em Matemática em duas instituições particulares em Salvador, Bahia. Nas aulas e na pesquisa, a modelagem continuou presente nas disciplinas e nas intenções de realizar um estudo sistemático que focalizasse professores realizando alguma mudança de prática, no caso, a modelagem matemática.

Em 2004, realizei uma pesquisa em uma das instituições particulares, com o propósito de compreender as primeiras experiências dos alunos com modelagem na formação inicial. Essa pesquisa inspirou a produção de um artigo (OLIVEIRA, 2006), apresentado durante o III Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática (III SIPEM) e um capítulo (OLIVEIRA, 2007) em um livro organizado pelo Grupo de Trabalho Modelagem Matemática da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), intitulado *Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais* (BARBOSA, CALDEIRA; ARAÚJO, 2007).

Em 2005, ingressei no Departamento de Ciências Exatas (DEXA) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), no cargo de Professora Assistente. A modelagem matemática continuou presente no desenvolvimento das disciplinas da graduação, na Licenciatura em Matemática, bem como nas atividades de extensão<sup>6</sup> e de pesquisa. Paralelamente, participei, a convite do professor Jonei Cerqueira Barbosa, da formação do Núcleo de Pesquisas em Modelagem Matemática (NUPEMM<sup>7</sup>). Diante disso, foi crescendo o desejo de realizar um estudo sistemático sobre os incômodos apontados no final do mestrado e as inquietações que estavam ocorrendo, mediante as experiências em sala de aula. Assim, as discussões realizadas no grupo de pesquisa nutriram reflexões, por ora ocorridas nas leituras e nas experiências na prática docente. Além disso, a minha participação na comissão organizadora e como editora dos Anais da IV Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática (IV CNMEM) (CALDEIRA, BARBOSA; OLIVEIRA, 2005), realizada em 2005, na UEFS, possibilitou-me o contato com as discussões e as demandas

---

<sup>6</sup> Coordeno o projeto de extensão *Grupo Colaborativo em Modelagem Matemática* (Resolução CONSEPE n. 120/2007). Nesse grupo, pesquisadores, formadores, professores da educação básica e estudantes da Licenciatura em Matemática se reúnem semanalmente para discutir a abordagem da modelagem matemática na sala de aula, bem como desenvolvem atividades de modelagem, discutindo as possibilidades da sua implementação no contexto escolar.

<sup>7</sup> O NUPEMM é um grupo de pesquisa, cadastrado no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), cujo objeto de estudo é a modelagem matemática na Educação Matemática, debruçando-se, em particular, sobre os seguintes aspectos: gestão de sala de aula e professores. O primeiro aspecto refere-se à maneira de organizar e conduzir o ambiente de modelagem na sala de aula e o segundo aspecto, enfoca a relação dos professores com a modelagem, seja em ambientes de formação inicial ou continuada, bem como nas práticas pedagógicas. Minha pesquisa faz parte de um dos interesses do grupo, no caso, modelagem matemática e professores. *Home page*: [www.uefs.br/nupeмм](http://www.uefs.br/nupeмм).

apontadas pela comunidade nacional, contribuindo para o delineamento do foco da investigação do doutorado. Em vista disto, vislumbrei a possibilidade de conduzir uma pesquisa com a seguinte pergunta norteadora:

*Como os professores manifestam tensões ao desenvolverem modelagem matemática em suas salas de aula?*

Assim, as tensões constituídas na prática pedagógica, ao realizar modelagem, em experiências anteriores, as inquietações apontadas pela pesquisa desenvolvida como parte do mestrado, a participação no grupo de pesquisa, as experiências atuais com modelagem matemática nas disciplinas ministradas e nas orientações e as leituras sobre o tema nutriram o interesse pela investigação deste problema.

Iniciado o doutorado, dediquei-me a leituras para circunstanciar e delimitar o problema de pesquisa. Fiz o levantamento e a análise de pesquisas referentes à modelagem na Educação Matemática e no Ensino de Ciências para orientar o desenvolvimento da pesquisa. Fazer o levantamento do que se tem feito nestas áreas, no âmbito da pesquisa, tanto nacional como internacional, sobre modelagem e professores, permitiu ampliar minha compreensão do tema e perceber que há poucos estudos sobre professores utilizando modelagem em suas práticas pedagógicas, deixando-me mais instigada a pesquisar sobre o tema. Além da análise das pesquisas, procurei fundamentar uma dos conceitos-chave da pesquisa: *tensões*. Assim, buscar defini-la, explicá-la e fundamentá-la constitui-se em uma tarefa importante para o desenvolvimento da investigação, permitindo compreender a maneira como os professores as manifestaram quando trouxeram a modelagem para suas aulas. No primeiro capítulo, caracterizo e defino os principais conceitos utilizados na pesquisa, bem como apresento a literatura e a perspectiva teórica que a fundamentam.

#### A ORGANIZAÇÃO DA TESE

A tese apresenta o formato de vários artigos<sup>8</sup>, ou seja, é formada por um conjunto de artigos, no meu caso, três. Esse formato alternativo para dissertações e teses tem já sido adotado em algumas áreas, como Geologia, Química, Medicina em várias universidades nos Estados Unidos e na Europa (BOOTE; BEILE, 2005; DUKE; BEKE, 1999). Atualmente, no

---

<sup>8</sup> Tradução de *multi-paper format*.

Brasil, esse formato tem sido comum nas dissertações e teses na área de Ciências da Saúde, mas outras áreas têm também adotado este modelo de relatório final de pesquisa. As dissertações defendidas, recentemente, por Silva (2009), Nunes-Neto (2008), Freitas (2007), no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da UFBA/UEFS, são exemplos de que pesquisadores de outras áreas têm adotado o formato alternativo.

Na área de Educação, pesquisadores têm argumentado pela possibilidade de este formato alternativo ser utilizado, com a justificativa de que o formato tradicional não tem propiciado o acesso à produção para um público maior e que o formato alternativo representa um processo formativo para o pesquisador, preparando-o para a escrita de um tipo de trabalho que será requerido na sua carreira acadêmica (DUKE; BEKE, 1999). Diante desses argumentos, fiz a opção pela apresentação da tese nesse formato, porque sustento que promoverá uma disseminação maior do conhecimento produzido no presente trabalho, pois os artigos serão enviados para publicação em periódicos nacionais e internacionais, contribuindo para o debate com os pares.

Uma das estruturas desse formato, utilizada nesta tese, é composta pelas seguintes partes: resumo; introdução; artigos, prontos para serem submetidos para publicação em periódicos; conclusões; anexos ou apêndices. Esta tese está organizada em quatro partes, além das referências e apêndice.

No primeiro capítulo, apresento informações relativas à operacionalização da pesquisa realizada para a elaboração desta tese. Neste capítulo, trago a revisão de literatura e a perspectiva teórica que fundamentam a análise dos dados. Em seguida, detalho o objeto de pesquisa, os objetivos, a relevância, o contexto e as opções metodológicas, apresentando os procedimentos adotados na coleta e na análise dos dados. As traduções de trechos de textos de originais estrangeiros são responsabilidade da autora da tese.

No segundo capítulo, apresento três artigos com objetivos diferentes que trazem os resultados da investigação do problema de pesquisa. O objetivo do primeiro artigo é discutir a constituição das *tensões*. O segundo artigo apresenta as situações de tensão em que as *tensões* são constituídas e o objetivo do terceiro artigo é analisar como os professores explicam e lidam com as *tensões*. Cada artigo apresenta a seguinte estrutura: introdução, revisão de literatura e perspectiva teórica, metodologia e contexto, apresentação dos dados, discussão, considerações finais e referências. Os três artigos estão formatados de acordo com as normas dos periódicos. Eles serão submetidos e enviados para publicação em periódicos da área após a defesa. Os artigos estão escritos na primeira pessoa do plural, referindo-se à autora da tese e

ao orientador. As outras partes da tese estão redigidas na primeira pessoa do singular. Os artigos 1 e 3 já estão escritos na língua solicitada pelo periódico, no caso, a língua inglesa. Nesses dois artigos, apresento a versão em português das falas dos professores, procurando na tradução para o inglês não descaracterizá-las. Nos artigos, é inevitável, em algumas seções, repetições de partes da pesquisa, como a perspectiva teórica e a revisão de literatura, a metodologia e o contexto.

No terceiro capítulo, apresento uma análise dos resultados relatados nos três artigos com o propósito de realizar uma caracterização para as *tensões nos discursos*. Em seguida, trago cada tensão, explicitando a situação em que ela ocorreu, como foi constituída e nomeada, e como os professores explicaram e lidaram com ela. Por fim, apresento uma sistematização teórica para as *tensões nos discursos* dos professores em termos da dinâmica das suas práticas pedagógicas.

No quarto capítulo, retomo a pergunta norteadora da pesquisa a fim de sintetizar as compreensões e apresentar as conclusões, discutindo as implicações dos resultados da pesquisa para a área de Educação Matemática e de Ensino de Ciências, bem como para a prática pedagógica dos professores, além de apontar as limitações desta pesquisa.

Por fim, apresento as referências, referentes a esta introdução e ao primeiro, terceiro e quarto capítulos, e o apêndice referente à pesquisa.

## CAPÍTULO 1

### A PESQUISA

Neste capítulo, em diálogo com a literatura e a perspectiva teórica, discuto os temas referentes ao objeto de pesquisa para circunstanciar e delimitar o problema da investigação. Começo discutindo a modelagem na Educação Científica e na Educação Matemática, abordando a sua presença no currículo e na sala de aula, a relação do professor com a modelagem, na formação e na prática pedagógica. Em seguida, discuto a categoria teórica *tensões nos discursos*, por meio da sociologia de Basil Bernstein (1990, 2000), perspectiva teórica utilizada na pesquisa. Por fim, apresento os demais elementos da pesquisa: a pergunta norteadora, os objetivos, a relevância, o contexto, os participantes e a metodologia, trazendo os pressupostos filosóficos que fundamentam a investigação, os procedimentos da coleta de dados e o processo de análise dos dados.

#### 1.1 MODELAGEM NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA<sup>1</sup> E NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Um dos desafios enfrentados pela Educação Científica e pela Educação Matemática é propiciar uma formação aos estudantes que lhes possibilite compreender, criticar e agir mediante os problemas da realidade. De acordo com Freire Jr. (2002),

o desafio é formar o cidadão de modo que ele possa ter uma relação crítica com a ciência; nem temor infundado nem idolatria, mas relação crítica com algo que é parte intrínseca do processo de humanização e civilização, mas cuja função e papel precisam se tornar partes das preocupações comuns aos humanos, do mesmo modo que nos preocupamos com o salário, o emprego, os rumos da economia, a corrupção, a política (grande e pequena), a cultura, o esporte, a arte, e a religião (p. 20).

Cachapuz, Praia e Jorge (2004) esclarecem que *aprender ciência* está relacionado à aquisição e ao desenvolvimento de conhecimento conceitual, enquanto o *aprender sobre ciência* é a compreensão da natureza e dos métodos da ciência, sua evolução e a história do seu desenvolvimento, bem como as relações complexas entre ciência, tecnologia, sociedade e

---

<sup>1</sup> Utilizo a expressão *Educação Científica* para designar a educação relacionada às disciplinas das ciências naturais: Biologia, Química e Física (MICHELSEN, 2006). Por vezes, neste capítulo, usarei *Educação Científica* e *Ensino de Ciências*, para evitar repetições textuais, como sinônimos.

ambiente. Além disso, acrescentam que *aprender a fazer ciência* é adquirir competências para desenvolver percursos de pesquisa e resolução de problemas. Stewart e Rudolph (2001) ressaltam que o trabalho com problemas abertos e resolução de problemas faz parte da prática científica, sendo importante proporcionar aos alunos essa experiência para que possam compreender a natureza da ciência.

Como foi mencionado por Lerman (2007), existem preocupações comuns em Educação Científica e em Educação Matemática, referentes ao envolvimento dos alunos com problemas relacionados às questões provenientes da sociedade nas disciplinas de matemática e ciências. Além disso, esse autor ressalta que tem sido preocupação das pesquisas a maneira como os alunos aprendem a falar, ler e escrever sobre matemática e ciências e o que acontece em contextos específicos, como a sala de aula, o laboratório ou em contexto informal. Michelsen (2006) argumenta que o objetivo central da Educação Científica e da Educação Matemática é possibilitar aos alunos utilizarem as linguagens da matemática e das ciências para atribuírem significados. De acordo com esse autor, a matemática cumpre um papel muito importante nas ciências e nas demais práticas sociais. Para Matthews (2007), a presença de modelos na história das ciências e nas suas práticas atuais é amplamente reconhecida, sendo difícil pensar em ciências sem modelos. Como parte da linguagem das ciências e da matemática, os modelos estão presentes em diversas áreas como forma de representar os fenômenos sociais e científicos e para legitimar a tomada de decisões.

O uso de modelos e de modelagem é uma das discussões presentes na Educação Científica e Educação Matemática para a compreensão de problemas provenientes da vida diária e das disciplinas científicas (BARBOSA, 2009, ORNEK, 2008, NISS, BLUM; GALBRAITH, 2007, MICHELSEN, 2006, GRECA; SANTOS, 2005, GILBERT, 2004, BASSANEZI, 2002; ABRANTES, 1999). Estes autores sustentam que a inserção da modelagem nas disciplinas relacionadas às ciências naturais e à matemática pode ajudar os alunos a entenderem o papel dos modelos na compreensão de problemas do cotidiano e da ciência.

Dentre as múltiplas acepções para a palavra *modelo* adoto a que o define como uma representação idealizada de um sistema real que é condicionada por nossos objetivos (ABRANTES, 1999). De acordo com D'Ambrosio (2003), as representações são subjetivas, pois são resultado das ações de quem trabalha com as informações da realidade. Os modelos apresentam várias funções, dentre elas, a de aplicar teorias de maneira a possibilitar uma explicação, previsão e controle dos fenômenos, além de representações, como os diversos

tipos de modelos simbólicos, entre os quais estão os modelos matemáticos (ABRANTES, 1999, GILBERT, 2004). D'Ambrosio (2003) esclarece que os modelos matemáticos são caracterizados pela natureza dos parâmetros que são escolhidos, devendo ser parâmetros quantificáveis e condicionados a um tratamento matemático.

Nesta tese, como na pesquisa, considero *modelo matemático* como “aquele que emprega símbolos matemáticos, sejam tabelas, gráficos, equações, inequações, etc., ou, em outras palavras, empregam conceitos, notações e/ou procedimentos matemáticos” (BARBOSA, 2009, p. 70). Este autor desenvolve uma análise dos papéis dos modelos matemáticos na Educação Científica, tendo como fundamentação a teoria dos códigos de Bernstein (2000). O pressuposto sustentado por Barbosa (2009) é o de que “os modelos possuem uma natureza particular nos contextos pedagógicos” (p. 73). Como resultado do estudo, o autor explica que os modelos matemáticos podem apresentar os seguintes papéis na Educação Científica: justificação, com o propósito de sustentar a introdução de um conceito ou lei; definição, para apresentar uma definição; e estruturação, quando a matemática é usada para ordenar os fenômenos.

A matemática está presente na política, na tecnologia e em diversas áreas, sendo parte da linguagem de poder representada pelos modelos matemáticos. Estes sustentam a tomada de decisões em diversos debates da sociedade, interferindo em nossas vidas por meio de determinados interesses assumidos (SKOVSMOSE, 2001, 2007). Skovsmose (2008) esclarece que ao dizermos “a matemática representa um dado aspecto da realidade, empregamos o verbo *representar* não no sentido de criar uma cópia fiel ou um modelo da realidade, mas no sentido de *re-apresentar* a realidade em um formato diferente” (p. 70, grifo do autor). A noção de *ideologia da certeza*, apresentada por Borba e Skovsmose (2001), é designada como “o poder de conter o argumento definitivo atribuído à matemática” (p. 127) na tomada de decisões na sociedade. Ou seja, a ideologia da certeza atribui à matemática o poder de ser usada para resolver qualquer problema com referência à realidade, sendo seus resultados neutros e confiáveis. A análise da natureza dos modelos matemáticos pode contribuir para desafiar e questionar a *ideologia da certeza* dos argumentos matemáticos utilizados para a elaboração dos modelos, rompendo com a neutralidade da matemática. Assim, agendar discussões sobre a presença e o papel dos modelos matemáticos nas aulas, de maneira que os alunos possam questionar e criticar a maneira como a matemática é usada para formatar situações-problema, pode minimizar a difusão da ideologia da certeza na sociedade. Em vista disso, faz parte dos desafios da Educação Científica e da Educação Matemática proporcionar

aos alunos uma formação que agende o trabalho com problemas de diversas áreas de conhecimento e do cotidiano, por meio de situações reais, possibilitando investigar como os modelos são utilizados na sociedade e nas ciências e compreender como a “matemática serve como uma base para planejar e tomar decisões” (SKOVSMOSE, 2007, p. 117).

De uma maneira geral, o processo de construção e elaboração de modelos é denominado *modelagem* (ORNEK, 2008; NISS, BLUM; GALBRAITH, 2007, D’AMBROSIO, 2003; BASSANEZI, 2002). Greca e Santos (2005) argumentam que o ensino centrado na modelagem é uma das estratégias didáticas eficazes para a compreensão dos conceitos científicos. Essas autoras esclarecem como os modelos são utilizados pelas disciplinas Física e Química. Na Física, o ponto de partida é um problema ou fenômeno real para o qual se procura uma solução matemática ou conceitual condicionada pela teoria física. Por sua vez, na Química, é utilizada uma representação pictórica e matemática para modelar uma situação. Assim, na Física, ocorre a redução dos fenômenos a entes ideais para trabalhar com uma realidade simplificada e idealizada. Na Química, por outro lado, a representação do fenômeno (real ou ideal) é um ente com realidade própria, praticamente material para a compreensão e predição dos fenômenos (GRECA; SANTOS, 2005).

A modelagem é um tema central na compreensão de problemas que relacionam a matemática e o mundo real<sup>2</sup> na Educação Matemática (BLUM et al., 2002, 2007). No contexto da sala de aula, modelagem matemática, na perspectiva da Educação Matemática, apresenta contornos próprios e uma dinâmica diferente da modelagem na perspectiva da Matemática Aplicada (BARBOSA, 2001, 2006).

Dentre as diferentes concepções presentes na comunidade de Educação Matemática para *modelagem matemática*, assumo a de Barbosa (2003a, 2006), que a conceitua, em termos específicos, como um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações provenientes de outras disciplinas ou do dia a dia. Esse conceito enfatiza o *convite* aos alunos, caracterizando-o pelos vários momentos nos quais os “alunos assumem o processo de exploração e explicação” (SKOVSMOSE, 2000, p. 73) no ambiente de modelagem, instigados pelo professor. Skovsmose (2000, 2001)

---

<sup>2</sup> O uso da expressão “mundo real” ou “resto do mundo”, comuns na literatura, designa a relação entre a matemática e mundo extramatemático (BLUM et al., 2007). No entanto, não penso a matemática e o “mundo real” como dois conjuntos disjuntos, mas a matemática fazendo parte da constituição da realidade. Assim, essa expressão designa os problemas do cotidiano, de outras áreas do conhecimento e também do campo profissional que não a matemática.



designa *ambiente de aprendizagem* como as condições propiciadas aos alunos para a realização de atividades.

Na próxima seção, abordo a presença da modelagem no currículo e na sala de aula, discutindo como ela apresenta características específicas quando é implementada na sala de aula.

## 1.2 MODELAGEM MATEMÁTICA NA SALA DE AULA

Uma das demandas dos currículos atuais é a de que os estudantes possam ter uma visão crítica das situações cotidianas, de maneira que participem ativamente das discussões dos problemas sociais. D’Ambrósio (2002) propõe que as escolas trabalhem com um currículo baseado na *literacia*, *materacia* e *tecnoracia*. A primeira diz respeito à capacidade de processar informação escrita e falada, incluindo leitura, cálculo, diálogo, mídia, *internet*, correspondendo aos *instrumentos comunicativos*. A segunda apresenta relação com a capacidade de interpretar e analisar sinais e códigos, propor e utilizar modelos e simulações na vida cotidiana, construir abstrações sobre representações do real, correspondendo aos *instrumentos intelectuais*. Como esclarece Skovsmose (2008), a “materacia não se refere apenas a habilidades matemáticas, mas também à competência de interpretar e agir numa situação social e política estruturada pela matemática (p. 16)”. A terceira diz respeito à capacidade de utilizar e combinar instrumentos, simples ou complexos, avaliando as possibilidades, limitações e adequação às necessidades e às situações diversas, sendo os *instrumentos materiais*.

Uma das possibilidades presentes na literatura para agendar a proposta de currículo de D’Ambrósio (2002) é a noção de *cenário para investigação* apresentada por Skovsmose (2000, 2001, 2008). Este autor caracteriza as práticas pedagógicas presentes nas aulas de Matemática como ambientes de aprendizagem, distinguindo-os como *paradigma do exercício* e *cenário para investigação*. O primeiro, vigente na maioria das aulas de Matemática, é caracterizado pela exposição de conceitos e técnicas matemáticas, pelo professor, e seguida da resolução de exercícios, realizada pelos alunos. Os exercícios propostos, na sua maioria, são trazidos por uma autoridade externa à sala de aula: o livro didático. No paradigma do exercício, ocorre um esquema linear que se inicia com a definição, seguido por exemplos e por exercícios, apresentados com uma única resposta. No cenário para investigação, por sua vez, os alunos são convidados a elaborar questões e buscar explicações. Uma característica

importante desse ambiente de aprendizagem é o aceite do convite do professor pelos alunos, para que ocorra o cenário para investigação e as possibilidades de respostas diferentes para as questões. O autor relaciona as duas abordagens apresentadas anteriormente, o paradigma do exercício e o cenário para investigação, com três referências: matemática pura, semirrealidade e realidade. A primeira, com referência à matemática pura, é constituída por atividades que ocorrem no contexto da matemática. A segunda, com referência à semirrealidade, integra atividades que acontecem em um contexto fictício, por exemplo, as questões do livro didático que, apesar de fazerem referência às situações do dia a dia ou a outras disciplinas, são produzidas em um contexto artificial. A terceira, com referência à realidade, é representada por atividades provenientes do cotidiano ou de outras disciplinas.

A combinação das duas abordagens com as três referências cria a possibilidade de seis tipos diferentes de ambientes de aprendizagem que podem ser utilizados nas aulas de Matemática. Um dos ambientes de aprendizagem combina o cenário para investigação com a referência à realidade, sendo esta outra conceituação para a modelagem matemática que é análoga a de Barbosa (2003a, 2006). Nesse ambiente, os alunos são convidados a investigar por meio da matemática situações provenientes de outros contextos que não o da matemática.

As discussões em relação à presença da modelagem no currículo e na sala de aula têm ganhado espaço na literatura (ANTONIUS et al., 2007; CALDEIRA, 2005; ALMEIDA; DIAS, 2004; HAMSON, 2003; BARBOSA, 2001a, 2001b, 2003a). Esses estudos sustentam a necessidade da presença da modelagem na educação básica e superior, de maneira que os alunos possam utilizar a matemática em diversos contextos e situações. Lingefjård (2007a), Sriraman e Lesh (2006) e Blomhøj e Kjeldsen (2006) enfatizam a natureza interdisciplinar da modelagem matemática, uma vez que, nesse ambiente de aprendizagem, ocorre uma relação com outras áreas do conhecimento.

Barbosa (2003b) e Bassanezi (2002) discutem os cinco argumentos apresentados por Blum e Niss (1991) para a inclusão da modelagem no contexto escolar: o argumento formativo, que diz respeito ao fato de os alunos desenvolverem habilidades gerais para resolução de problemas; o argumento da compreensão do papel sociocultural da matemática, que tem relação com a análise do papel da matemática nas práticas sociais dos alunos, possibilitando-lhes perceber a utilização da matemática na sociedade; o argumento da utilidade, que diz respeito à preparação dos alunos para utilizar a matemática em diversas áreas e situações; o argumento da motivação, que se refere ao estímulo que os alunos recebem para estudar matemática de maneira a poderem aplicar os conteúdos no seu cotidiano e o

argumento da aprendizagem, que diz respeito à facilidade que os alunos desenvolvem para compreender as ideias e os conceitos matemáticos.

Esses argumentos são usados para justificar a presença da modelagem no currículo e na sala de aula, possibilitando aos alunos perceberem como a matemática pode ser utilizada para resolver situações do cotidiano e de outras disciplinas. Em particular, o argumento da compreensão do papel sociocultural da matemática pode permitir o entendimento de como a matemática é utilizada nos debates sociais.

As *Orientações curriculares para o ensino médio*, documento oficial, publicado pela Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação, também têm discutido a inserção da modelagem na sala de aula (BRASIL, 2006). Nesse documento, a modelagem matemática é compreendida como a “habilidade de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e revolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” (BRASIL, 2006, p. 84).

A presença da modelagem nas práticas pedagógicas rompe com a ideia do currículo linear, porque a natureza aberta desse ambiente de aprendizagem, no qual não se pode prever o conteúdo *a priori*, possibilita envolver os alunos no estudo de conteúdos não necessariamente contemplados no nível escolar. Na implementação da modelagem, o professor pode realizá-la de diferentes maneiras nas fases referentes à elaboração da situação-problema, simplificação, coleta dos dados qualitativos e quantitativos e resolução do problema.

Barbosa (2001a, 2001b, 2003a, 2006) sistematiza uma configuração curricular para modelagem, à qual denominou de *Casos 1, 2 e 3*. Esses *casos* ou *modalidades* representam diferentes possibilidades de o professor organizar a modelagem em sala de aula, nas quais o professor e os alunos assumem tarefas diferentes. No *Caso 1*, o professor apresenta o problema com dados quantitativos e qualitativos suficientes para a sua resolução, cabendo aos alunos resolverem. Por sua vez, no *Caso 2*, o professor apresenta o problema proveniente do cotidiano ou de outra disciplina, e os alunos coletam informações para resolvê-lo. Por fim, no *Caso 3*, ocorre o trabalho com temas não matemáticos propostos pelo professor, ou pelo aluno, ou por ambos, e os alunos formulam problemas, coletam informações e os resolvem. Este último caso pode ser caracterizado como trabalho de projetos, quando se escolhe um tema de interesse para ser investigado por meio da matemática. Esses casos apresentam flexibilidade em relação ao tempo escolar e à maneira de implementar modelagem nos

contextos escolares. Assim, do *Caso 1* para o *Caso 3*, os alunos assumem uma presença mais ativa no desenvolvimento das atividades, tendo participação na elaboração dos problemas.

Almeida e Dias (2004) caracterizam a configuração curricular da modelagem em termos de *momentos* diferentes de realizá-la na sala de aula. No *primeiro momento*, ocorre a construção, a análise e o uso de um modelo matemático a partir de um problema já estabelecido e proposto pelo professor. Assim, a formulação de conjecturas e a investigação do problema, resultando na construção do modelo, são compartilhadas entre professor e alunos. No *segundo momento*, o professor apresenta aos alunos um problema, com suas informações, e eles, organizados em grupos, realizam a formulação de conjecturas, a construção e validação do modelo. No *terceiro momento*, os alunos, organizados em grupos, escolhem um problema sob a orientação do professor. Assim, os momentos apresentados pelas autoras enfatizam a construção do modelo e a ideia de seguir a sequência, para que os alunos possam compreender as fases relativas à elaboração da situação-problema, simplificação, coleta dos dados qualitativos e quantitativos e resolução do problema.

As duas ideias propostas para a organização da modelagem, *casos* e *momentos*, apresentam similaridades em relação aos papéis do professor e dos alunos, que compartilham tarefas. Entretanto, ocorrem entre elas algumas diferenças que podem ser observadas ao relacionarmos os casos com os momentos. No *Caso 1*, a resolução do problema cabe aos alunos, sob a orientação do professor e, no *primeiro momento*, essa resolução é compartilhada entre professor e alunos. Por sua vez, a apresentação do problema, tanto no *Caso 1* como no *primeiro momento*, é proposta pelo professor. No *Caso 2*, a coleta de informações para a resolução do problema é realizada pelos alunos e no *segundo momento*, as informações são apresentadas junto com o problema pelo professor.

As possibilidades de organização da modelagem, apresentadas por Barbosa (2001a, 2001b, 2003a, 2006) e Almeida e Dias (2004), propõem para o professor possibilidades de configuração curricular da modelagem em sala de aula. Com isso, a presença da modelagem no currículo apresenta maneiras de organizar que vão de problemas mais estruturados, propostos pelo professor, cujos dados são claramente apresentados, cabendo aos alunos resolverem, até o trabalho com projetos, nos quais as informações, a elaboração e resolução do problema são de responsabilidade dos alunos, acompanhados pelo professor, que os orienta no desenvolvimento dos projetos. No entanto, como foi ressaltado por Barbosa (2001a), a organização da modelagem depende da experiência do professor, dos interesses dos alunos e

do contexto escolar. Esses aspectos podem condicionar a maneira como o professor propõe atividades desta natureza em sala de aula.

No ambiente de modelagem, ocorre o encontro dos alunos com o professor para discutir problemas oriundos do dia a dia ou de outras disciplinas. Barbosa (2007a) denomina *espaços de interação* ao encontro aluno(s)-aluno(s) ou aluno(s)-professor, com o objetivo de discutir as tarefas relativas ao ambiente de modelagem (ou qualquer outro ambiente de aprendizagem). Esse autor apresenta uma conceituação para caracterizar as práticas discursivas dos alunos em modelagem, a partir das noções de *espaços de interações*, *rotas de modelagem*, *discussões matemáticas*, *discussões técnicas*, *discussões reflexivas* e *discussões paralelas*.

Barbosa (2007a) redefine a expressão *rotas de modelagem*, apresentada por Borromeo Ferri<sup>3</sup> (2006) como os discursos produzidos no ambiente de modelagem, os quais possuem relação direta na construção do modelo matemático. As rotas de modelagem podem ser compostas por: *discussões matemáticas*, que se referem aos conceitos e procedimentos pertencentes à disciplina Matemática; *discussões técnicas*, que dizem respeito à tradução do problema numa representação matemática e *discussões reflexivas*, que se referem à natureza dos modelos matemáticos e à influência dos critérios utilizados nos resultados (BARBOSA, 2007a). Segundo Santos e Barbosa (2007), as discussões reflexivas são constituídas por dois aspectos que precisam ser considerados para que elas possam ocorrer em um ambiente de modelagem: os critérios (as variáveis, as hipóteses e os pressupostos matemáticos do problema) e os resultados, ou a discussão da utilização dos modelos matemáticos na sociedade.

Para Borromeo Ferri (2006), os ciclos de modelagem<sup>4</sup> presentes na literatura descrevem as fases do processo da modelagem de maneira normativa, representando percursos lineares que ocorrem na resolução do problema. Entretanto, Zbiek e Conner (2006) caracterizam modelagem como um processo não linear que envolve o movimento entre um problema oriundo de uma situação da vida diária e a matemática para a resolução do problema. Borromeo Ferri (2006) sustenta, a partir de estudos empíricos, que os caminhos

---

<sup>3</sup> Esta autora considera as rotas de modelagem como o processo de modelagem individual num âmbito interno e externo.

<sup>4</sup> Os *ciclos de modelagem* são designados pelas fases do processo de modelagem. Essas fases são a compreensão do problema, a simplificação/ estruturação do problema, a matematização/ e a construção do modelo, a resolução; a interpretação dos resultados, a validação dos resultados e a apresentação dos resultados (BORROMEIO FERRI, 2006).

desenvolvidos pelos alunos em uma atividade de modelagem não seguem um percurso linear, apresentando direções próprias e diferentes.

Além das discussões que compõem as rotas de modelagem abordadas anteriormente, podem ocorrer outras discussões que não apresentam relação direta na construção do modelo matemático, não fazendo parte dessas rotas, sendo denominadas *discussões paralelas* (BARBOSA, 2008). Barbosa (2007a) ressaltou que as discussões que fazem parte das rotas de modelagem são compostas pelos discursos dos alunos e do professor.

A ênfase em um dos tipos de discussão que compõem as rotas de modelagem representa perspectivas diferentes da modelagem na prática pedagógica dos professores. No estudo de Kaiser e Sriraman (2006), são discutidas cinco perspectivas sobre modelagem presentes na literatura:

- a) a *realística* ou *aplicada*, que diz respeito à resolução de problemas autênticos<sup>5</sup>, provenientes de diferentes contextos, como a indústria e/ou ciência, usando a teoria matemática para resolvê-los. Assim, nessa perspectiva, de maneira que a modelagem é entendida como uma atividade para resolver problemas autênticos e não para desenvolver a teoria matemática;
- b) a *contextual*, que se refere à utilização de resolução de problemas para que os alunos desenvolvam suas construções matemáticas;
- c) a *educacional*, que diz respeito ao uso de problemas autênticos para o ensino e aprendizagem da matemática;
- d) a *epistemológica*, que se refere à resolução de problemas com o propósito de gerar teoria matemática;
- e) a *sociocrítica*, que diz respeito à compreensão da natureza dos modelos e o seu papel na sociedade.

Barbosa e Santos (2007) relacionam as perspectivas abordadas por Kaiser e Sriraman (2006) com as discussões matemáticas, técnicas e reflexivas que compõem as rotas de modelagem (BARBOSA, 2007a), ficando evidente, nesta relação, como determinadas discussões podem ser “meio” ou “fim”, a depender da perspectiva assumida no ambiente de modelagem. A perspectiva realística enfatiza a aplicação da matemática para resolver problemas. Assim, as discussões técnicas são o “fim” e as discussões matemáticas e reflexivas apresentam uma posição secundária. Nas perspectivas epistemológica, educacional e

---

<sup>5</sup> Os problemas autênticos são relacionados “a uma situação da vida real, fora da própria matemática que tem ocorrido ou que poderia muito bem acontecer” (PALM, 2007, p. 203).

contextual, o ambiente de modelagem é utilizado para motivar os alunos a trabalharem com a teoria matemática. Assim, as discussões matemáticas são o “fim” e as discussões técnicas e reflexivas não teriam uma posição claramente definida nessas perspectivas. A perspectiva sociocrítica enfatiza como propósito as discussões reflexivas, mas, para discutir os critérios utilizados na elaboração do modelo matemático, os alunos precisam matematizar o problema, o que daria ênfase às discussões técnicas. Além disso, é preciso trabalhar o modelo matemático, o que daria ênfase às discussões matemáticas, sendo o “meio” para acontecer às discussões reflexivas.

Nesta seção, discuti a modelagem como um espaço de interação entre professor e alunos para discutirem situações diárias ou de outras ciências, além das possibilidades da sua implementação na sala de aula. A seguir, abordo o contato dos professores com modelagem e como eles têm utilizado esse ambiente de aprendizagem em suas práticas pedagógicas.

### 1.3 MODELAGEM MATEMÁTICA E OS PROFESSORES

Apesar de as pesquisas apontarem as possibilidades desse ambiente de aprendizagem e de documentos oficiais indicarem a necessidade da sua inserção nas práticas pedagógicas dos professores, a modelagem matemática tem pouca presença ainda no contexto escolar (NISS, BLUM; GALBRAITH, 2007; KAISER; MAAB, 2007; BLUM et al., 2002). A par desses pressupostos, como os professores têm tido contato com modelagem? Que contribuições as experiências ocorridas nos espaços de formação em modelagem têm trazido aos professores? Como os professores têm implementado modelagem em suas salas de aulas? Que conhecimentos e saberes são mobilizados pelos professores na implementação da modelagem em suas aulas? Que dificuldades e dilemas ocorrem na implementação da modelagem nas práticas pedagógicas dos professores?

O contato do professor com a modelagem tem ocorrido nos espaços de formação inicial e continuada e por meio dos documentos oficiais. Kaiser e Schwarz (2006) argumentam que modelagem matemática na formação inicial possibilita aos futuros professores entenderem a importância da matemática na vida diária e nas ciências. Estudos empíricos têm documentado que as experiências realizadas nesses espaços contribuem para desafiar as concepções dos professores sobre matemática e seu ensino (KAISER; MAAB, 2007; BARBOSA, 2001), ajudando-os a aprender mais matemática (HOLMQUIST; LINGEFJÄRD, 2003); para proporcionar aos professores a oportunidade de compreender os

conceitos matemáticos e de desenvolver habilidades para resolverem problemas (JIANG, MCCLINTOCK; O' BRIEN, 2003); e para inspirar os professores a implementarem atividades dessa natureza ou próximas em suas salas de aula (ROMA, 2003).

Niss, Blum e Galbraith (2007) têm apresentado o argumento que professores não constroem habilidades para desenvolver atividades de aplicações da matemática e de modelagem apenas tendo contato com tópicos da matemática pura, sendo necessário que eles tenham experiências autênticas nos espaços de formação. Nesse sentido, pesquisas têm discutido orientações e ações que precisam ser considerados para que professores tenham *familiaridade*<sup>6</sup> (BARBOSA, 2001b, 2002) com modelagem e decidam (ou não) autonomamente pela utilização em suas práticas pedagógicas.

Barbosa (2004) aponta dois domínios para a formação dos professores em relação à modelagem: *a experiência como aluno* e *a experiência como professor*. O primeiro domínio diz respeito ao fato de os próprios alunos realizarem diversas atividades de modelagem, tendo experiências com uma variedade de situações oriundas do dia a dia ou de outras disciplinas. O segundo refere-se à discussão das tarefas do professor na implementação da modelagem em sala de aula. Em direção similar, Silva (2007) aponta duas ações que precisam fazer parte das experiências de formação: *ações de vivência da modelagem* e *ações didático-pedagógicas da modelagem*. Em consonância com a ideia de domínios (BARBOSA, 2004) e ações (SILVA, 2007), professores precisam ter a oportunidade de “aprender” sobre modelagem matemática, “aprender” por meio da modelagem matemática e “ensinar” usando modelagem matemática (ALMEIDA, 2006).

De maneira geral, professores apresentam interesses para implementar modelagem em suas salas de aula, porque vislumbram a possibilidade de os alunos se interessarem pelas aulas, favorecendo a aprendizagem (DIAS; ALMEIDA, 2004). Assim, os professores percebem que a inserção de situações do dia a dia e de outras ciências pode auxiliá-los nas dificuldades encontradas para ensinar matemática. Em vista disso, dois argumentos são sustentados pelos professores: o da aprendizagem, segundo o qual modelagem é um meio para os alunos aprenderem matemática; e o da utilidade, segundo o qual modelagem é um meio para os alunos desenvolverem a capacidade para resolver problemas diários (BARBOSA, 2001b, 2004). No entanto, a utilização da modelagem tem ocorrido de maneira pontual no contexto escolar (KAISER; MAAß, 2007), visto que professores se mostram receosos e

---

<sup>6</sup> A noção de *familiaridade* é usada por Barbosa (2001b, 2002) para expressar a relação dos professores com a modelagem.



apresentam as seguintes justificativas: insegurança em relação ao conteúdo matemático que será utilizado para resolver os problemas (ALMEIDA, 2004; DIAS; ALMEIDA, 2004); falta de clareza sobre a organização e a condução das atividades em sala de aula; dúvidas sobre os conhecimentos necessários para conduzi-la; a existência de programas pré-estabelecidos (BARBOSA, 2004); a organização da escola e suas rotinas estabelecidas e a relação com os demais pares (BARBOSA, 2002) e falta de livros didáticos e atividades de modelagem adequadas e de clareza em como realizar a avaliação (IKEDA, 2007).

Gainsburg (2008) aponta que professores, quando inserem situações com referência à realidade nas suas aulas, fazem-no por meio de problemas e de exemplos, mostrando como a matemática é aplicada para resolver problemas, requerendo pouca ação por parte dos alunos para desenvolvê-los. Para a inserção dessas situações, os professores apresentam, como objetivos: abordar o conteúdo matemático (principal objetivo) e mostrar a importância e a utilidade da matemática no mundo e na vida dos alunos.

Em relação ao saber-fazer da modelagem nas práticas pedagógicas dos professores, estudos empíricos têm documentado intervenções que professores realizam para ajudar os alunos na resolução do problema (LEIß, 2005); estratégias que professores realizam para favorecer o desenvolvimento do ambiente de modelagem em sala de aula (CHAPMAN, 2007); os conhecimentos pedagógicos mobilizados na implementação da modelagem no contexto escolar (DOERR, 2006, 2007; DOERR; ENGLISH, 2006).

Os resultados da pesquisa de Leiß (2005) apontam que intervenções dos professores ajudam os alunos a compreender o problema, a obter informações sobre o problema e a refletir sobre os seus processos de resolução do problema no ambiente de modelagem. Além das intervenções, professores têm adotado estratégias para favorecer a participação dos alunos nas atividades de modelagem em sala de aula. Os professores da pesquisa de Chapman (2007) adotaram duas estratégias: integrar problemas na abordagem de tópicos da matemática e abordar o processo de resolução de problemas nas aulas.

A inserção da modelagem em sala de aula mobiliza saberes da experiência (JIMENEZ ESPINOSA; FIORENTINI, 2005), possibilitando oportunidades para o desenvolvimento profissional do professor, uma vez que demanda estratégias e ações dos professores para lidar com situações que acontecem nos contextos específicos das suas práticas pedagógicas. A classificação de Shulman (1987) sobre os conhecimentos dos professores, que os considera como *conhecimento do conteúdo*, *conhecimento pedagógico do conteúdo*, *conhecimento sobre os alunos* e *conhecimento curricular*, tem sido utilizada como lente teórica para

compreender os conhecimentos mobilizados pelos professores na implementação da modelagem, em suas aulas.

A literatura tem identificado conhecimentos pedagógicos requeridos, quando professores utilizam modelagem para ensinar matemática em suas práticas pedagógicas: lidar com as diversas respostas dos alunos e relacioná-las ao conteúdo matemático requerido na resolução dos problemas; estimular os alunos a resolver os problemas utilizando diversas possibilidades; interagir com os alunos, propondo perguntas para esclarecer e promover a compreensão dos problemas e operacionalizar a modelagem em suas aulas (DOERR, 2006, 2007; DOERR; ENGLISH, 2006).

Entretanto, estudos empíricos mostram evidências de que professores têm manifestado inseguranças, dilemas e incertezas para organizar e conduzir a modelagem em suas práticas pedagógicas (BARBOSA, 2002; ALMEIDA, 2004; BLOMHØJ; KJELDSSEN, 2006; OLIVEIRA; BARBOSA, 2007a, 2007b; DOER; ENGLISH, 2006). As inseguranças dizem respeito à tomada de decisões na operacionalização da modelagem em sala de aula (OLIVEIRA; BARBOSA, 2007a) e as incertezas referem-se à maneira como o professor pode proceder diante das respostas dos alunos (DOERR; ENGLISH, 2006).

Blomhøj e Kjeldsen (2006) mostram evidências de dilemas quando professores realizam trabalhos de projetos em modelagem: o primeiro diz respeito ao dilema da compreensão das fases do processo de modelagem, considerando-as separadamente ou de maneira global no desenvolvimento dos projetos. O segundo refere-se ao entendimento do objetivo da modelagem, que pode ser entendido tanto como um objetivo educacional em si ou quanto como um ambiente para motivar e apoiar a aprendizagem dos alunos em matemática. O terceiro dilema diz respeito a se o professor direciona os alunos, principalmente, nas fases iniciais do processo de modelagem ou se estimula os alunos para que eles tenham uma participação ativa durante as fases do processo de modelagem e resolvam autonomamente o problema.

Portanto, essas inseguranças, dilemas e incertezas identificados na inserção da modelagem nas práticas pedagógicas do professor pelas pesquisas apontam evidências da existência de uma separação entre as ações realizadas nos ambientes de formação das ações desenvolvidas em sala de aula. Essa mudança de contextos no desenvolvimento do ambiente de modelagem não ocorre naturalmente, uma vez que o professor terá que decidir o que mover e como mover a modelagem para sua prática pedagógica, requerendo dele a realização

de ações para desenvolvê-la, podendo provocar inseguranças, dilemas e incertezas quanto à maneira de operacionalizá-la em sala de aula.

Nesta seção, abordei a relação do professor com a modelagem, na formação e na prática pedagógica. A seguir, discuto uma categoria teórica, *tensões nos discursos*, utilizada na pesquisa, por meio da sociologia de Basil Bernstein (1990, 2000), para entender como os professores implementam a modelagem em suas salas de aulas.

#### 1.4 A INSPIRAÇÃO NA ABORDAGEM SOCIOLÓGICA DE BASIL BERNSTEIN

Em 2007, cursei a disciplina intitulada *Participação, pensamento e linguagem no contexto da Educação em Ciências e Matemática*, ministrada pelo professor Jonei Cerqueira Barbosa, no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da UFBA/UEFS, quando tive o primeiro contato com a teoria dos códigos de Basil Bernstein, ao ler alguns capítulos do livro intitulado *Pedagogy, symbolic control and identify: theory, research, critique* (BERNSTEIN, 2000). Esse livro sintetiza em dez capítulos os principais conceitos da teoria de Bernstein. O livro enfoca o processo de comunicação pedagógica, tendo como objetivo compreender o modo como os processos pedagógicos regulam as formas de consciência, sua reprodução e suas possibilidades de mudança. Para explicitar o seu propósito, o autor apresenta a seguinte questão: “Como poder e controle são traduzidos em princípios de comunicação, e como estes princípios de comunicação diferencialmente regulam as formas de consciência no que se refere a sua reprodução e suas possibilidades de mudança?” (BERNSTEIN, 2000, p.4)

De acordo com a distinção do autor, as relações de poder estabelecem, legitimam e reproduzem fronteiras entre diferentes categorias de grupos (como, por exemplo, classe, gênero), de discursos e de agentes. Assim, o poder tem relação com o espaço, no qual se delimitam fronteiras e se colocam pessoas e discursos em diferentes posições. O controle, por sua vez, estabelece formas de comunicação apropriadas para as diferentes categorias, estabelecendo a comunicação legítima para cada grupo, a partir das fronteiras estabelecidas pelas relações de poder, socializando as pessoas no interior destas relações.

A leitura me impressionou pela potencialidade dos conceitos para analisar as relações pedagógicas, bem como me defrontou com as relações de poder e de controle que se estabelecem em um determinado contexto pedagógico. A partir das possibilidades que surgiram desta leitura para compreender as *tensões* manifestadas quando professores

implementam modelagem em suas práticas pedagógicas, debruçei-me no estudo do livro acima citado e de outro intitulado *Class, codes and control, volume IV: the structuring of pedagogic discourse* (BERNSTEIN, 1990), além de outras referências que utilizaram a teoria dos códigos na Educação Matemática (LERMAN; ZEVENBERGEN, 2004; SANTOS, 2003; MORGAN, TSATSARONI; LERMAN, 2002; LERMAN, 2001; LERMAN; TSATSARONI, 1998; DAVIS, 1995) e no Ensino de Ciências (SHARMA; ANDERSON, 2007; MARANDINO, 2004; MORAIS, 2002) para compreender como as pesquisas utilizaram a teoria de Bernstein e as contribuições trazidas para essas áreas. Essas leituras me possibilitaram contato com uma abordagem sociológica das relações sociais que constituem a prática pedagógica.

Bernstein (2000) define *prática pedagógica*, de maneira ampla, como as relações que ocorrem em um determinado contexto social para a produção e reprodução cultural. No âmbito da escola, a prática pedagógica pode ser compreendida como as relações entre professor e alunos para ensinar e aprender determinados conteúdos. Para compreender os princípios de comunicação que traduzem as relações de poder e de controle na prática pedagógica em um contexto social, Bernstein (2000) utiliza dois conceitos: *classificação* e *enquadramento*<sup>7</sup>.

A relação *entre* categorias, por exemplo, sujeitos (por exemplo, professor e alunos), discursos (por exemplo, matemática, física, biologia, química, modelagem matemática, educação matemática) e práticas (por exemplo, tradicional e não tradicional), é denominada *classificação*, referindo-se ao conteúdo da comunicação na categoria, ou seja, *ao que pode ser dito*. A classificação cria *regras de reconhecimento* que permitem o reconhecimento da especificidade de um contexto, os significados que são relevantes para a produção do texto legítimo. O *texto* é “a forma da relação social feita visível, palpável, material” (BERNSTEIN, 1990, p. 17). Em sala de aula, por exemplo, professor e alunos, de uma maneira geral, reconhecem o texto que pode ser dito nas aulas e o texto que não é legítimo.

A relação *dentro* das categorias, por sua vez, é denominada *enquadramento*, referindo-se às formas de comunicação legítima na prática pedagógica, ou seja, *como pode ser dito*. O enquadramento determina o controle sobre a seleção, sequenciamento, ritmo e critérios da comunicação para a produção do texto legítimo em um contexto social, sendo considerado por Bernstein (2000) como a *lógica interna* da prática pedagógica. O enquadramento cria *regras*

---

<sup>7</sup> A palavra *framing* é traduzida no artigo de Santos (2003) como “enquadramento”. Assim, no decorrer da tese, utilizo essa tradução da autora.

*de realização* que permitem a produção do texto legítimo para cada contexto específico. Por exemplo, em uma aula de matemática pautada no paradigma do exercício, o professor tem o controle sobre os conteúdos e os exercícios que são trabalhados, sobre a sequência e o tempo em que se processa a abordagem dos conteúdos e sobre os critérios de esclarecimento aos alunos de qual texto eles precisam produzir. Assim, nesse exemplo, o enquadramento é forte, pois o professor tem o controle sobre o como falar. A classificação também é forte, pois há uma nítida separação sobre os conteúdos e exercícios abordados. Bernstein (1990, 2000) utiliza os valores fortes ou fracos para caracterizar as variações na classificação e no enquadramento.

*Código* é um conceito central na teoria de Bernstein e é definido como “um princípio regulador, tacitamente adquirido, que seleciona e integra os significados relevantes (classificação), as formas de realização (enquadramento) e seus contextos evocadores” (BERNSTEIN, 2000, p. 202). Assim, o código é o regulador da relação entre contextos e o gerador de princípios que orientam a produção de *textos* legítimos dentro de cada contexto. A preocupação do autor é entender como o *texto pedagógico*<sup>8</sup> é construído, distribuído, adquirido e avaliado. Na prática pedagógica, circulam *discursos* que são textos produzidos, oralmente ou por escrito, por indivíduos que pertencem a um determinado contexto social.

Bernstein (2000) distingue duas formas de discursos: o *discurso horizontal*, que diz respeito ao conhecimento do dia a dia ou do senso comum e o *discurso vertical*, que se refere ao conhecimento oficial ou escolar. A partir dessa distinção de Bernstein (2000) para discursos, a modelagem matemática pode ser interpretada como a relação entre dois discursos, vertical e horizontal ou vertical e vertical, pois envolve a conexão entre matemática (discurso vertical) e situações-problema diárias (discurso horizontal) ou matemática (discurso vertical) e situações-problema das disciplinas científicas (discurso vertical).

Como a modelagem pode envolver a articulação entre discursos vertical-vertical ou vertical-horizontal, discursos fora do contexto escolar ou discursos de outras disciplinas científicas podem estar presentes para sustentar os pressupostos e as estratégias adotadas pelos alunos na resolução dos problemas, alterando, de alguma maneira, os princípios comunicativos, ou seja, o que pode ser dito e como pode ser dito na aula de matemática. Ou seja, essa alteração ocorre em termos da mudança dos valores (forte e fraco) da classificação e do enquadramento. A classificação é enfraquecida, pois ocorre a presença de outros discursos

---

<sup>8</sup> O *texto pedagógico* é um texto produzido/reproduzido e avaliado nas relações sociais de transmissão/aquisição (BERNSTEIN, 1990).

além do discurso referente à disciplina de Matemática, alterando as formas de comunicação na aula de matemática, enfraquecendo o enquadramento.

Quando a modelagem é movida, pelo professor, para a prática pedagógica, ocorre um processo de seleção e de organização sobre o que mover e como mover em termos dos discursos já consolidados socialmente na prática pedagógica. Bernstein (1990, 2000) apresenta o conceito de *recontextualização pedagógica* para se referir ao processo em que um discurso é movido de uma posição para outra. De acordo com o autor, “quando um discurso é movido, por recontextualização, do seu contexto original para o contexto pedagógico, o discurso original é abstraído da sua base social, posição e relações de poder” (p. 38). Assim, a modelagem que é trazida para a prática pedagógica pelo professor não é a mesma com que ele tem contato seja nos programas de formação seja nos documentos oficiais, pois um princípio age selecionando-a, recolocando-a e redirecionando-a nos discursos estabelecidos na prática pedagógica.

Bernstein (2000) apresenta o conceito de *discurso pedagógico* para se referir ao princípio que se apropria de discursos, colocando-os em uma relação especial entre si na prática pedagógica. O autor enfatiza que o discurso pedagógico “não pode ser identificado com os discursos que ele transmite” (p. 32), porque ele é um princípio de recontextualização que seletivamente se apropria de discursos para constituir sua própria ordem. Assim, o discurso pedagógico se apropria de discursos e os subordina em um princípio diferente de organização e de seleção (BERNSTEIN, 2000). Como foi mencionado por Bernstein (1990, p. 21-22), “os discursos são produzidos, reproduzidos, mudados, diferenciados, apropriados”. A noção de *discurso* (texto) não pode ser confundida com a de *discurso pedagógico*<sup>9</sup>, dado que este último é “a regra que conduz para embutir um discurso em outro, para criar um texto, para criar um discurso” (BERNSTEIN, 2000, p. 32).

Para compreender a construção e a reprodução do discurso pedagógico, Bernstein (2000) distingue três campos: o *campo de produção*, em que novos discursos são construídos; o *campo de recontextualização*, responsável por se apropriar de discursos do campo de produção e transformá-los em discurso pedagógico e o *campo de reprodução*, em que ocorre a prática pedagógica nas escolas. A matemática escolar, por exemplo, é um discurso

---

<sup>9</sup> Conforme as definições apresentadas para *discurso* e *discurso pedagógico*, há uma diferença entre eles, sendo o primeiro um *texto* e o segundo um *princípio*. No decorrer da tese, quando me refiro a discurso (texto), não utilizo o adjetivo pedagógico. Por sua vez, quando me refiro a discurso pedagógico (princípio) utilizo o adjetivo pedagógico.

pedagógico construído por recontextualização pedagógica do discurso especializado da matemática.

Como foi ressaltado pelo autor, o processo de recontextualização exige princípios de seleção e de deslocamento do discurso ou parte do discurso do campo de produção e princípios para recolocar esse discurso como um discurso dentro do campo de recontextualização. Com isso, o discurso é transformado de acordo com os interesses presentes nesse campo. Bernstein (2000) distingue *campo de recontextualização* como *campo de recontextualização oficial*, composto pelo Estado e seus agentes, e *campo de recontextualização pedagógico* composto por formadores de professores, escritores de livros didáticos e periódicos especializados, etc.

As disciplinas escolares, por exemplo, Matemática, Química, Biologia, Física, são discursos recontextualizados, pois foram movidos, por recontextualização, do campo de produção para o campo de recontextualização e, em seguida, para a prática pedagógica. Esses discursos são convertidos e condicionados pelas relações que ocorrem nos contextos específicos da prática pedagógica de cada professor e pelas relações que se estabelecem entre a escola e a sociedade, sendo um processo dinâmico. Barbosa (2006) utiliza o adjetivo “escolar” para caracterizar a modelagem matemática que acontece na prática pedagógica, denominando-a *modelagem matemática escolar*. Essa denominação ressalta a necessidade de compreender a modelagem na Educação Matemática em termos dos contextos específicos em que ocorre.

As disciplinas escolares são discursos especializados, pois há uma forte classificação entre eles no contexto escolar, havendo, portanto, espaços que as separam. Esses espaços que existem entre as categorias, no caso, os discursos, são denominados por Bernstein (2000) *isolamento*. De acordo com o autor, “é o isolamento entre as categorias de discursos que mantém os princípios de sua divisão de trabalho” (2000, p. 6). Além disso, “é a força do isolamento que cria um espaço em que uma categoria pode tornar-se específica” (1990, p. 23). Esse isolamento cria, no princípio de classificação, uma função externa que regula as relações entre os indivíduos e outra função interna, que regula as relações no interior do indivíduo. Assim, externamente, a classificação cria ordem, contradições, rupturas e dilemas que são reprimidos pelo isolamento entre as categorias. Por sua vez, no indivíduo, o isolamento se torna uma defesa psicológica contra a possibilidade de enfraquecimento dele e, na medida em que ele for suprimido, irá revelar as contradições, os dilemas e as rupturas.

Como foi mencionado na seção anterior, o contato dos professores com a modelagem matemática tem acontecido, por exemplo, nos espaços de formação de professores e documentos oficiais. Esses espaços são partes do que Bernstein (2000) denomina *campo de recontextualização*, tendo como atividade principal constituir o quê e o como do discurso pedagógico (BERNSTEIN, 1990). O discurso sobre modelagem matemática veiculado nesses espaços é movido do campo de recontextualização oficial e/ou pedagógica para o campo de reprodução (a sala de aula) pelos professores, sendo posicionado pelo discurso pedagógico que opera através dos princípios que regem a prática pedagógica. Diante disso, o que acontece quando os professores recontextualizam a modelagem em suas práticas pedagógicas? Como eles acomodam a modelagem no contexto escolar? O que pode ser dito e como pode ser dito quando a modelagem é movida do espaço da formação para a sala de aula?

Estudos empíricos têm identificado tensões e dilemas quando professores realizam mudanças de práticas em suas aulas (OLIVEIRA; BARBOSA, 2007a, 2007b; BLOMHØJ; KJELDSSEN, 2006; DOER; ENGLISH, 2006; MORGAN, TSATSARONI; LERMAN, 2002). Com o aporte da análise bernsteiniana, a implementação de mudanças de práticas envolve um processo de recontextualização, porque professores movem discursos do campo de recontextualização pedagógica para o campo de reprodução. Assim, as tensões e os dilemas são resultados da tentativa do professor de posicionar um discurso de mudança de prática nos discursos consolidados na prática pedagógica, uma vez que ele terá que atravessar o isolamento entre esses campos e recolocá-lo entre os discursos presentes na prática pedagógica.

Carrejo e Marshall (2007) mostram evidências de tensões quando professores, em formação continuada, durante um curso de Física, modelaram um problema de um tema oriundo desta área. O estudo indica que os professores manifestaram tensões quando tiveram que conciliar as informações do problema com as experiências pessoais e os conceitos da matemática e da física no processo de elaboração do modelo matemático. Nesta situação, em termos de uma análise bernsteiniana, há diferentes discursos presentes na resolução do problema que apresentam um isolamento entre eles. Portanto, as tensões manifestadas ocorreram em virtude do isolamento entre os discursos que estão presentes na resolução de um problema da física, trazendo à tona as contradições que os separam. De maneira similar, Morgan, Tsatsaroni e Lerman (2002) identificaram tensões entre os discursos sobre investigação matemática e sobre avaliação nas práticas pedagógicas de professores, em termos das contradições em relação às diferentes modalidades de prática pedagógica. Diante



disso, quando o professor move um discurso para sua prática pedagógica, esse novo discurso apresenta uma descontinuidade em relação a outros discursos que já estão posicionados na prática pedagógica. Essa descontinuidade é justificada pelo o isolamento entre os discursos.

A par dos resultados das pesquisas analisadas pela teoria de Bernstein (1990, 2000), discuto o conceito-chave da pesquisa para compreender como professores manifestam tensões quando recontextualizam modelagem matemática em suas práticas pedagógicas.

A expressão *tensões nos discursos* será utilizada para identificar, nos discursos dos professores, a descontinuidade entre discursos já presentes na prática pedagógica e o posicionamento de um novo discurso, no caso, o discurso sobre modelagem. O discurso da matemática escolar é um discurso histórico, legítimo, cultural e socialmente constituído, cuja classificação e enquadramento são fortes. O discurso sobre modelagem é colocado numa relação entre ele e os discursos presentes na prática pedagógica por meio do discurso pedagógico que o posiciona mediante as regras construídas e legitimadas socialmente na prática pedagógica.

De acordo com Bernstein (2000), “o princípio de classificação cria ordem, e as contradições, rupturas e dilemas que necessariamente são inerentes ao princípio de classificação são suprimidas pelo isolamento” (p. 7). As *tensões nos discursos* são constituídas pela descontinuidade entre discursos, sendo identificadas pelas contradições, rupturas e dilemas constituídos por conta do espaço que separa as categorias, no caso, o isolamento entre os discursos historicamente presentes na prática pedagógica e o discurso sobre modelagem, quando esse último é posicionado pelo discurso pedagógico, ocorrendo, assim, uma descontinuidade entre eles. Assim, as tensões são identificadas nos discursos dos professores quando eles decidem *o que pode ser dito e como pode ser dito* em sua prática pedagógica. Em vista disso, os momentos específicos na prática pedagógica nos quais se manifestam as *tensões nos discursos* são denominados de *situações de tensão*.

A categoria teórica *tensões nos discursos*, inspirada nos conceitos da teoria de Bernstein (1990, 2000), é utilizada para analisar a prática pedagógica dos professores em função das relações entre sujeitos (professor (a)/alunos) e discursos (presentes na prática pedagógica e discurso sobre modelagem). Após a apresentação da perspectiva teórica, detalho, na próxima seção, o objeto de pesquisa. A intenção é compreender as tensões, que serão analisadas a partir dos discursos, nas práticas pedagógicas dos professores na recontextualização da modelagem matemática com o aporte da teoria de Bernstein.

### 1.5 A PERGUNTA NORTEADORA E OS OBJETIVOS DA PESQUISA

Na delimitação do problema, a expressão *tensões nos discursos* é um conceito-chave para entender as ações e os discursos dos professores, quando recontextualizam a modelagem em suas aulas. A busca deste entendimento foi que determinou os objetivos da pesquisa, quais sejam, observar, identificar, descrever e analisar as *tensões nos discursos* dos professores na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas. Portanto, foi observada a dinâmica da prática pedagógica do professor em termos das *tensões nos discursos* que se manifestaram na implementação da modelagem. Não se trata de reduzir a prática pedagógica ao discurso, pois ela é composta de ações e discursos presentes em um contexto social, mas colocar o *zoom* nos discursos que são produzidos por agentes posicionados, os professores, em um determinado contexto, a sala de aula. Assim, reapresento o problema que foi colocado nos seguintes termos:

***Como os professores manifestam tensões nos discursos na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas?***

A partir desta pergunta norteadora, decorreram as questões específicas com o propósito de detalhar o objeto de pesquisa:

1. *Quais tensões nos discursos os professores manifestam na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas?*

Nesta questão, o objetivo pretendido era identificar e descrever quais são as tensões que se manifestam nos discursos dos professores na implementação da modelagem matemática.

2. *Em que situações os professores manifestam tensões nos discursos na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas?*

Esta questão visava a identificar, descrever e analisar as situações de tensão em que as tensões se manifestam nos discursos dos professores quando procediam à implementação da

modelagem matemática. As situações de tensão representam o *locus* em que as tensões nos discursos são constituídas.

3. *Como as tensões são constituídas nos discursos dos professores na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas?*

Com esta questão, pretendi descrever, analisar e discutir como as tensões são constituídas nos discursos dos professores na implementação da modelagem matemática.

4. *Como os professores explicam e lidam com as tensões nos discursos na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas?*

Com esta última questão, o objetivo foi descrever, analisar e discutir a maneira como os professores explicam e lidam com as tensões expressas nos discursos quando fazem a implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas.

#### 1.6 A RELEVÂNCIA DA PESQUISA

A minha atuação na área de Educação Matemática, na qual a modelagem matemática tem permeado meus interesses de pesquisa e minhas atividades profissionais, como foi apresentado na introdução, impulsionou a decisão de realizar um estudo sistemático envolvendo modelagem matemática e professores. Diante disto, esse argumento justifica meu interesse e compromisso de desenvolver uma pesquisa que se caracteriza como uma continuação de minha trajetória acadêmica e profissional na área de Educação Matemática. Além disso, as análises dos estudos nas áreas de Educação Científica e Educação Matemática permitiram identificar demandas e lacunas, reforçando a decisão de desenvolver o doutorado para investigar o objeto de pesquisa apresentado na seção anterior.

Por outro lado, os resultados da pesquisa trazidos nesta tese podem contribuir teoricamente com a área de Educação Científica e de Educação Matemática, no que diz respeito a aspectos da formação do professor, propiciando a implementação de mudanças de práticas, em particular envolvendo a utilização de modelos matemáticos em suas práticas pedagógicas. A teoria de Bernstein (1990, 2000) inspirou-me na elaboração do constructo teórico *tensões nos discursos* dos professores diante da recontextualização da modelagem nas

aulas de Matemática em termos de poder e controle. Assim, a adoção dessa base teórica teve o propósito de entender a dinâmica que ocorre quando professores implementam mudanças de práticas em suas salas de aulas.

Como foi mencionado nas seções anteriores, tem sido pontual a presença da modelagem no contexto escolar (NISS, BLUM; GALBRAITH, 2007). Apesar de as pesquisas e os documentos oficiais apontarem a importância de trazer, para as aulas de Matemática, situações-problemas com referência a temas da realidade e de outras áreas do conhecimento, como Biologia, Física, Química, para que os alunos compreendam o papel dos modelos matemáticos na tomada de decisões na sociedade (SKOVSMOSE, 2007), a recontextualização da modelagem pelos professores em suas práticas pedagógicas tem ocorrido timidamente ainda. A par disso, o entendimento teórico de questões suscitadas pelas pesquisas, pode dar indícios da pouca presença da modelagem nos contextos escolares: como os professores têm tido contato com a modelagem? Como professores recontextualizam a modelagem em suas aulas? Como professores implementam a modelagem em suas práticas pedagógicas? Quais dilemas e tensões ocorrem quando professores posicionam a modelagem em suas práticas pedagógicas?

Diversos estudos têm discutido a modelagem e os processos de formação de professores, mas a presença, na literatura, de pesquisas sobre modelagem e professores não tem sido muito aparente. Assim, a pesquisa que fundamenta esta tese voltou-se para um tema pouco explorado pela literatura, possibilitando a compreensão do que acontece quando professores decidem utilizar a modelagem em suas aulas. Apesar de este estudo abordar tensões de professores de matemática recontextualizando a modelagem, seus resultados poderão ser utilizados diretamente na área de Educação Matemática, bem como em outras áreas que pretendam compreender a implementação de alguma mudança de prática nas aulas dos professores, uma vez que as *tensões nos discursos* apresentadas nele podem estar presentes em outros ambientes de aprendizagem e práticas pedagógicas. Portanto, na análise, pode-se obter resultados que pertençam à área específica da Educação Matemática, bem como pertençam à área de Educação.

Esta tese levantará, com base na pesquisa descrita, aspectos relativos à maneira como professores implementam mudanças de práticas em suas aulas, subsidiando políticas públicas para a formação de professores, bem como ações de formação inicial e continuada de professores. Assim, as contribuições teóricas provenientes de uma demanda dos professores, no que diz respeito à implementação de mudanças de práticas no contexto escolar, contribuirá

para aprofundar o conhecimento sobre as práticas pedagógicas dos professores. Por fim, a compreensão das dificuldades, dos dilemas e das tensões experimentados pelos professores no processo de recontextualização da modelagem pode contribuir para que os programas de formação agendem esses aspectos em suas discussões de maneira que apoiem os professores na implementação de mudanças de práticas em suas aulas se eles decidirem utilizá-las no contexto escolar.

Na próxima seção, apresento o contexto da pesquisa, trazendo informações sobre a formação e a prática pedagógica dos professores participantes da investigação, em relação ao contexto escolar.

### 1.7 O CONTEXTO DA PESQUISA

O contexto da pesquisa foram as aulas de três professores que realizaram suas primeiras experiências com modelagem matemática, em escolas públicas, nas cidades de Conceição do Jacuípe e Coração de Maria, na Bahia. Em 2005, tive a oportunidade de conhecê-los durante a Licenciatura em Matemática, no programa de Formação de Professores de 5<sup>a</sup> à 8<sup>a</sup> séries do Ensino Fundamental e do Ensino Médio – Modalidade Presencial, na Universidade Estadual de Feira de Santana<sup>10</sup>. O objetivo do programa foi “aprimorar a formação dos docentes da rede pública estadual, de modo a propiciar a melhoria do ensino nas escolas do Estado da Bahia” (RESOLUÇÃO CONSEPE 27/2004, p. 2). Esse programa foi destinado aos professores de 5<sup>a</sup> à 8<sup>a</sup> séries do ensino fundamental e do ensino médio da rede pública estadual de ensino em escolas dos municípios vinculados ao *campus* da Universidade Estadual de Feira de Santana, que estavam em regência de classe, mas não possuíam a formação específica para a docência na sua área de atuação. O currículo do curso, desenvolvido em 6 (seis) semestres – 3 (três) anos –, teve uma carga horária total de 3005 horas-aula, a saber:

- a) 405 horas de prática como componente curricular;
- b) 400 horas de estágio supervisionado, sendo 200 horas referentes à atividade docente regular;
- c) 2000 horas para os conteúdos curriculares de natureza científico-cultural;

---

<sup>10</sup> Este Programa foi instituído pelo decreto nº 8.523 de 14 de maio de 2003 e formalizado pelo Convênio nº 47/2003 firmado entre a Secretaria de Educação do Estado da Bahia e a Universidade Estadual de Feira de Santana (RESOLUÇÃO CONSEPE 27/2004).

d) 200 horas de atividades acadêmico-científico-cultural.

O quadro abaixo mostra as disciplinas distribuídas nos 6 semestres que perfazem a carga horária total:

Quadro 1.7 – As disciplinas da Licenciatura em Matemática

SEMESTRE	DISCIPLINAS
1º	Matemática Elementar I Pré-cálculo Tecnologias Aplicadas ao Ensino da Matemática I Organização da Educação Brasileira Desenho Geométrico e Geometria Descritiva Atividade Prática I-M Seminários Temáticos Interdisciplinares I-M Atividade Orientada I-M
2º	Matemática Elementar II Cálculo Diferencial e Integral I Geometria Analítica e Álgebra Linear I Tecnologias Aplicadas ao Ensino da Matemática II Atividade Prática II-M Seminários Temáticos Interdisciplinares II-M Atividade Orientada II-M
3º	Matemática Elementar III Cálculo Diferencial e Integral II Geometria Analítica e Álgebra Linear II Introdução à Álgebra Elementar Psicologia I – Aprendizagem Atividade Prática III-M Seminários Temáticos Interdisciplinares III-M Atividade Orientada III-M
4º	Matemática Elementar IV Cálculo Diferencial e Integral III Didática Psicologia II – Desenvolvimento Metodologia e Estágio Supervisionado I Atividade Prática IV-M Seminários Temáticos Interdisciplinares IV-M Atividade Orientada IV-M
5º	Matemática Elementar V Análise Matemática Tecnologias Aplicadas ao Ensino da Matemática III Introdução à Física I-M Metodologia e Estágio Supervisionado II Atividade Prática V-M Seminários Temáticos Interdisciplinares V-M Trabalho de Conclusão do Curso I-M
6º	Evolução da Matemática I Introdução à Física II-M Metodologia e Estágio Supervisionado III Atividade Prática VI-M Seminários Temáticos Interdisciplinares VI-M Trabalho de Conclusão do Curso II-M

Em paralelo com o exercício profissional da docência, os alunos cursaram essa licenciatura no período destinado para o desenvolvimento do curso. Assim, esse programa teve a conotação de ser uma formação em serviço, na prática, já que os alunos tinham a experiência no exercício da docência, pois estavam sendo professores, proporcionando a eles aprofundarem seus saberes constituídos ao longo das suas práticas pedagógicas, além de terem contato com novos conhecimentos teórico-práticos do seu campo específico de trabalho.

Em 2005 e 2006, lecionei as disciplinas Metodologia e Estágio Supervisionado I, II e III para uma turma composta de 13 (treze) alunos, dentre eles, os três professores acompanhados neste estudo. Em Metodologia e Estágio Supervisionado II, o objetivo da disciplina foi o trabalho com projetos de modelagem. Os alunos, organizados em grupos, escolheram um tema não matemático, realizaram o levantamento de informações, formularam problemas e os investigaram usando a matemática.

Em Metodologia e Estágio Supervisionado III, o tema central da disciplina foram as dimensões pedagógicas da modelagem, envolvendo estudos teóricos, análises de narrativas e o desenvolvimento do ambiente de modelagem na sala de aula de cada aluno. Os três professores me escolheram como orientadora, pois eles quiseram abordar modelagem matemática no trabalho de conclusão de curso. Assim, no trabalho final, eles elaboraram um relato de experiência sobre suas primeiras experiências na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas.

A partir do interesse deles, na realização do Trabalho de Conclusão de Curso em modelagem, vislumbrei a possibilidade de os três professores serem os participantes da pesquisa, porque, como o propósito da investigação era compreender as *tensões nos discursos* dos professores ao implementarem a modelagem matemática em suas práticas pedagógicas, um *lócus* adequado para a obtenção dos dados foram as aulas desses professores na implementação do ambiente de modelagem em suas aulas. Diante disto, fiz o convite a Boli, Maria e Vitória, pseudônimos<sup>11</sup> escolhidos por eles, que o aceitaram prontamente, demonstrando interesse em colaborar e autorizando a observação e a filmagem das aulas, a realização de entrevistas, após cada aula e a entrega de narrativas sobre as aulas. Além disso,

---

<sup>11</sup> Quando fiz o convite aos professores para participarem da pesquisa, perguntei-lhes se poderia utilizar os seus respectivos nomes, mas eles preferiram escolher pseudônimos para identificá-los.

os professores autorizaram (ver o *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido*<sup>12</sup> no APÊNDICE) a divulgação das informações provenientes da análise dos dados em publicações, eventos científicos e relatório parcial e final da tese. A partir do consentimento dos professores, no segundo semestre de 2006, acompanhei a implementação da modelagem em suas aulas.

A estrutura física das escolas em que observei as aulas dos professores era composta de salas de aulas, sanitários para os alunos (masculino e feminino), sala e sanitário para os professores, sala da secretaria, sala da direção e área externa utilizada pelos alunos nos intervalos. Em relação às escolas em que Maria e Vitória lecionavam, há uma sala de leitura equipada com televisão, aparelho de DVD e livros para a consulta e pesquisa pelos alunos. Na escola em que Boli lecionava, há uma quadra para a prática de esportes e cozinha, onde é preparada a merenda escolar, servida nos três turnos.

Na próxima seção, apresento informações relativas à formação e a prática pedagógica dos três participantes da pesquisa: Boli, Maria e Vitória.

## 1.8 OS PARTICIPANTES DA PESQUISA

### 1.8.1 Boli

Em 2006, Boli tinha mais de 22 anos de experiência na docência, lecionando em escolas da rede pública e particular da cidade de Conceição do Jacuípe, que se localiza a 94 km de Salvador, na Bahia. Neste período, ele lecionou as disciplinas Desenho Geométrico e Matemática, porém ainda não era licenciado. De 2004 a 2006, ele cursou a Licenciatura em Matemática, no Programa de Formação de Professores de 5ª à 8ª séries do Ensino Fundamental e do Ensino Médio – Modalidade Presencial, na Universidade Estadual de Feira de Santana, sendo aluno da pesquisadora nas disciplinas Metodologia e Estágio Supervisionado I, II e III. Em 2005, ele lecionou para nove turmas distribuídas entre 5ª, 6ª, 7ª e 8ª séries do ensino fundamental. Em 2006, ele lecionou para sete turmas, distribuídas entre

---

<sup>12</sup>Esse termo de consentimento explicitou os procedimentos adotados na pesquisa para os professores participantes. Assim, os aspectos éticos da pesquisa foram considerados de acordo com o Cap. III, item 3, alínea g, da Resolução do Conselho Nacional de Saúde n.º 196 de 10/10/96. O projeto de pesquisa desta tese intitulado *Modelagem matemática, professores e suas tensões* foi registrado no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Feira de Santana (CEP-UEFS), sob protocolo nº 057/2006 (CAAE – 0053.0.059.000-06), em junho de 2006.



6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> séries do ensino fundamental e regularização do fluxo escolar<sup>13</sup> (5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> séries).

Em Metodologia e Estágio Supervisionado II, ele e seus colegas estiveram envolvidos no desenvolvimento de um projeto de modelagem intitulado *Os gastos com a merenda escolar* durante o curso da disciplina. Em Metodologia e Estágio Supervisionado III, Boli realizou sua primeira experiência com modelagem em duas turmas da 8<sup>a</sup> série do ensino fundamental na escola pública em que lecionava. No trabalho de conclusão de curso, intitulado *Vivenciando uma experiência com modelagem matemática*, Boli produziu um relato de experiência que discutiu como foi o desenvolvimento da atividade intitulada *Cesta básica* na sua sala de aula. A carga horária da disciplina Matemática era de quatro horas-aula semanais, sendo destinadas duas aulas para o desenvolvimento do ambiente de modelagem no período de agosto a outubro de 2006.

As aulas do professor Boli eram elaboradas seguindo o planejamento de unidade, no qual ele organizava os conteúdos por unidades e por semana, e as avaliações como prova, teste, trabalho em grupo e extraclasse, por unidades. Ele explicou a elaboração a partir do planejamento de unidade, pois facilitava a separação dos conteúdos por semana e a realização de avaliações. Ele preparava suas aulas tendo como parâmetro o livro didático, o qual guiava a exposição dos conteúdos na lousa e na elaboração de materiais didáticos, como apostilas e listas de exercícios, para os alunos. Ele justificou a organização e condução das aulas por meio da elaboração de materiais didáticos, porque tinha dificuldades na utilização direta do livro didático, pois os alunos esqueciam de trazê-lo para as aulas, perdiam-no ou o danificavam e reclamavam dos conteúdos expostos no livro, considerando-os difíceis.

Boli comentou a troca de experiências com os professores na escola em que lecionava: “Fazemos sempre encontros semanais, durante as aulas de coordenação (AC), quando, juntamente com nossa coordenadora, discutimos a indisciplina, como avaliar, os projetos, entre outros”. Ele enumerou como dificuldades na sua prática pedagógica, a falta de interesse dos alunos e o descaso por parte da direção em relação à indisciplina dos alunos.

### 1.8.2 Maria

Em 2006, Maria tinha mais de 17 anos de experiência na docência, lecionando em escolas da rede pública da cidade de Coração de Maria, que se localiza a 104 km de Salvador,

---

<sup>13</sup> Em 2000, foi implantado na rede pública de ensino o Projeto de Regularização do Fluxo com o objetivo de reduzir o alto índice de defasagem por série entre alunos matriculados. Nessa modalidade, os alunos cursam duas séries durante o período de um ano.

na Bahia. Neste período, ela lecionou as disciplinas Religião e Matemática. Maria lecionava Matemática há 10 anos, porém ainda não era licenciada.

De 2004 a 2006, ela cursou a Licenciatura em Matemática no Programa de Formação de Professores de 5<sup>a</sup> à 8<sup>a</sup> séries do Ensino Fundamental e do Ensino Médio – Modalidade Presencial, na Universidade Estadual de Feira de Santana, sendo aluna da pesquisadora nas disciplinas Metodologia e Estágio Supervisionado I, II e III. Em 2005, ela lecionou para seis turmas distribuídas entre 7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> série do ensino fundamental e Regularização do Fluxo Escolar (7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup>) séries. Em 2006, ela lecionou para seis turmas, distribuídas entre 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> séries do ensino fundamental e na regularização do fluxo escolar (7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> séries).

Em Metodologia e Estágio Supervisionado II, ela e seus colegas estiveram envolvidos no desenvolvimento de um projeto de modelagem intitulado *Os gastos com a merenda escolar*. Em Metodologia e Estágio Supervisionado III, Maria realizou sua primeira experiência com modelagem em uma turma da 6<sup>a</sup> série do ensino fundamental.

No trabalho de conclusão de curso, intitulado *Atividade de Modelagem Matemática na sala de aula: analisando a conta de água*, Maria produziu um relato de experiência que discutiu como foi o desenvolvimento da atividade intitulada *Análise do consumo de água* na sua sala de aula. A carga horária da disciplina Matemática era de quatro horas-aula semanais, sendo destinadas duas aulas para o desenvolvimento do ambiente de modelagem, no período de agosto a outubro de 2006.

As aulas da professora Maria eram elaboradas seguindo o planejamento anual, no qual ela organizava os conteúdos por unidades e por semana. Ela utilizava aulas expositivas para a abordagem dos conteúdos da disciplina e situações-problema que relacionavam o dia a dia e a matemática, quando os conteúdos ofereciam oportunidades. Além disso, no início do ano, ela realizava uma revisão dos conteúdos de séries anteriores com a intenção de ensinar algum conteúdo que os alunos não dominavam.

Os recursos didáticos utilizados nas aulas eram a lousa, o livro didático, o retroprojeto, o vídeo e a televisão. A troca de experiências com os professores, na escola em que leciona, era realizada nos momentos das aulas de coordenação.

### 1.8.3 Vitória

Em 2006, Vitória tinha mais de 14 anos de experiência na docência, lecionando em escolas da rede pública da cidade de Conceição do Jacuípe. Neste período, ela lecionou as

disciplinas Ciências e Matemática. Vitória lecionava Matemática há 8 anos, porém ainda não era licenciada.

De 2004 a 2006, ela cursou a Licenciatura em Matemática no Programa de Formação de Professores de 5ª à 8ª séries do Ensino Fundamental e do Ensino Médio – Modalidade Presencial, na Universidade Estadual de Feira de Santana, sendo aluna da pesquisadora nas disciplinas Metodologia e Estágio Supervisionado I, II e III. Em 2005, ela lecionou para oito turmas distribuídas entre 6ª, 7ª e 8ª séries do ensino fundamental. Em 2006, ela lecionou para cinco turmas distribuídas entre 8ª série do ensino fundamental e regularização do fluxo escolar (7ª e 8ª séries).

Em Metodologia e Estágio Supervisionado II, ela e seus colegas estiveram envolvidos no desenvolvimento de um projeto de modelagem intitulado *Analisando a conta de luz*. Em Metodologia e Estágio Supervisionado III, Vitória realizou sua primeira experiência com modelagem, em uma turma de Regularização do Fluxo Escolar (7ª e 8ª séries), na escola em que lecionava.

No trabalho de conclusão de curso, intitulado *Primeiras experiências com modelagem matemática*, Vitória produziu um relato de experiência que discutiu como foi o desenvolvimento da atividade intitulada *O salário e o custo de vida de uma família em Conceição do Jacuípe*, na sua sala de aula. A carga horária da disciplina Matemática era de quatro horas-aula semanais, sendo destinadas duas aulas para o desenvolvimento do ambiente de modelagem, no período de agosto a novembro de 2006.

As aulas da professora Vitória eram elaboradas seguindo o planejamento anual, no qual ela organizava os conteúdos por unidades e por semana. Ela planejava as aulas, diariamente, abordando os conteúdos de maneira expositiva ditada pela sequência: exposição – exemplos – exercícios. “Eu exponho o conteúdo, corrijo exercícios. A maioria não entende e depois passo uma lista de exercícios. Alguns respondem e outros não, ficam sem fazer nada, sem participar”.

Os recursos didáticos utilizados nas aulas eram lousa, giz, livro didático, régua, transferidor. As dificuldades ressaltadas por Vitória dizem respeito a conseguir que os alunos compreendessem os conteúdos abordados nas aulas. Ela lidava com essas dificuldades repetindo o conteúdo até que os alunos tivessem alguma compreensão. Vitória comentou sobre a importância da troca de experiências com os professores de Matemática na escola em que leciona para sua prática pedagógica: “Costumo trocar experiências com outros

professores de Matemática durante as aulas de coordenação. Essas experiências são válidas e bastante significativas para o nosso dia a dia”.

Após a apresentação dos participantes da pesquisa, apresento, na próxima seção, o percurso metodológico adotado para o desenvolvimento da pesquisa.

## 1.9 A METODOLOGIA DA PESQUISA

Nas palavras de Garnica (2009), “é um conjunto de procedimentos bem fundamentados e assumidos pelo pesquisador, um processo que nos permite conhecer algo” (p. 80). Assim, pretendo discutir o processo que me permitiu conhecer como professores manifestam *tensões nos discursos* na implementação da modelagem em suas práticas pedagógicas, as opções metodológicas assumidas e os procedimentos adotados para tecer compreensões sobre o objeto de pesquisa.

Como foi mencionado por Goldenberg (1999, p. 13), “a pesquisa é um processo em que é impossível prever todas as etapas. O pesquisador está sempre em estado de tensão, porque sabe que seu conhecimento é parcial e limitado – o ‘possível’ para ele”. Apesar da imprevisibilidade que caracteriza a pesquisa científica, ela é uma atividade sistemática, com o propósito de produzir conhecimento científico sobre um fenômeno de uma determinada área, a partir de um tema específico. Assim sendo, produzirei conhecimento que será legitimado pela área de Educação Matemática acerca do tema modelagem e professores.

Nesta seção, discuto, primeiramente, os fundamentos da pesquisa, dos quais decorre a opção pela abordagem qualitativa. Em seguida, apresento os procedimentos de coleta dos dados e o processo de análise de dados.

### 1.9.1 Os fundamentos metodológicos da pesquisa

Inicialmente, apresento os pressupostos ontológicos e epistemológicos que fundamentam a pesquisa. O objeto específico da pesquisa é compreender as *tensões nos discursos* manifestadas pelos professores na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas. Assim, pretendo produzir conhecimento científico sobre um fenômeno de uma determinada área, Educação, mais especificamente, Educação Matemática. Por *fenômeno*, Japiassú e Marcondes (1996) compreendem, de maneira genérica, “tudo o que é percebido, que aparece aos sentidos e à consciência” (p. 101).

Crotty (1998) aponta dois propósitos que o pesquisador precisa considerar no processo da pesquisa: o primeiro, diz respeito ao esclarecimento das metodologias e dos métodos que serão adotados na pesquisa e o segundo, refere-se à justificativa da sua escolha e do uso das metodologias e dos métodos. Esses dois propósitos estão ligados à ideia de *paradigma*, que diz respeito à visão de mundo que orienta o pesquisador nas questões ontológicas (que se refere à natureza do objeto a ser conhecido), epistemológicas (que se refere à relação entre o pesquisador e o conhecimento) e metodológicas (que se refere ao processo de construção do conhecimento pelo pesquisador) (GUBA; LINCOLN, 1994). Essas dimensões estão relacionadas, pois a concepção de realidade do pesquisador está ligada ao modo como ele concebe o conhecimento e a sua construção.

Dentre os paradigmas de pesquisa classificados por Denzin e Lincoln (2005), localizo a presente investigação na *teoria crítica* que considera a realidade como estruturas constituídas historicamente que produzem as ações humanas. Assim, as pesquisas fundamentadas neste paradigma pretendem investigar o que ocorre nas instituições, por exemplo, na escola, relacionando as estruturas sociais, procurando compreender como os mecanismos de poder são produzidos e transformados (ALVES-MAZZOTI, 1999). De acordo com Kincheloe e McLaren (2005, p. 319), “o objeto de pesquisa é sempre parte de muitos contextos e processos; é culturalmente inscrito e historicamente situado”.

Como decorrência dessas considerações, a concepção de realidade é fundamentada nas práticas humanas que são construídas historicamente em contextos sociais. Ao interagir com o mundo, os indivíduos atribuem significados as suas ações sob certas condições sociais, apresentando interpretações sobre elas neste quadro. Essa interpretação sobre o mundo gera a consciência sobre algo. Assim, “a consciência é dirigida para o objeto, o objeto é formado pela consciência” (CROTTY, 1998, p. 44). Assim, os indivíduos constroem significados em relação com o meio social em que eles vivem. Uma das preocupações da teoria crítica é compreender como as relações de poder operam na formação da consciência (KINCHELOE; MCLAREN, 2005). Como foi mencionado na seção 1.4, o propósito de Bernstein (2000) é compreender como o conhecimento torna-se parte da consciência por meio das formas de comunicação, ou seja, dos textos (discursos), em termos dos mecanismos de poder e controle subjacente às ações e aos discursos das pessoas. Assim, os textos (discursos) produzidos pelos indivíduos em contextos específicos refletem a interação deles com o mundo.

Em relação às questões ontológicas, o paradigma da teoria crítica é caracterizado pelo realismo histórico influenciado por valores sociais e culturais, ou seja, a realidade é construída

em contextos específicos de acordo com as interações dos indivíduos no mundo. Nesta pesquisa, a implementação de novo discurso, no caso, o da modelagem matemática, pelos professores em suas práticas pedagógicas, é condicionada por uma realidade já constituída nos contextos das salas de aulas, envolvendo a interação dos professores com esse ambiente de aprendizagem e suas experiências consolidadas socialmente e historicamente no contexto escolar. Em vista disso, as *tensões nos discursos* manifestadas quando os professores implementam a modelagem em seus contextos escolares são capturadas nos discursos produzidos pelos professores diante dos significados atribuídos as suas ações.

Em relação às questões epistemológicas, o paradigma da teoria crítica considera o ponto de vista do indivíduo em sua relação com o mundo, sendo identificadas as relações de poder subjacentes nas ações e experiências das pessoas. Para compreender o objeto desta pesquisa, a pesquisadora construiu os resultados em interação com os participantes da investigação nos contextos das suas salas de aulas por meio de três técnicas que serão descritas nas próximas seções. Como foi mencionado na seção 1.5, os discursos produzidos pelos professores em suas salas de aulas são o objeto de estudo para entender as tensões que foram manifestadas na implementação da modelagem em suas práticas pedagógicas.

Em decorrência dessas considerações sobre o paradigma da teoria crítica, a pergunta norteadora é construída em termos de “como”, pois a intenção é compreender o processo em que as tensões são constituídas, quais tensões são manifestadas nos discursos dos professores, as situações em elas acontecem e como eles as explicam e lidam com elas.

Após a explicitação dos pressupostos, na próxima seção, apresento o método adotado para construir conhecimento sobre o objeto de pesquisa.

### 1.9.2 O método qualitativo

Japiassú e Marcondes (1996) definem *método* como um “conjunto de procedimentos racionais, baseados em regras, que visam a atingir um objetivo determinado” (p. 181). Para compreender o objeto de pesquisa, em consonância com os fundamentos assumidos, o método adotado foi o qualitativo. Esse método apresenta como características:

- a) contato prolongado com o contexto da pesquisa;
- b) o papel do pesquisador é ter uma visão geral, integrada, do contexto da pesquisa, capturando os significados que as pessoas atribuem às experiências;

- c) os dados são palavras que traduzem o que acontece no contexto da pesquisa, permitindo ao pesquisador compreender o fenômeno (MILES; HUBERMAN, 1994).

Denzin e Lincoln (2005) definem *pesquisa qualitativa* como uma atividade situada, que localiza o pesquisador no mundo, consistindo de um conjunto de práticas materiais e interpretativas que dão visibilidade ao mundo. Assim, o pesquisador torna o mundo visível por meio de múltiplas representações como, por exemplo, entrevistas, observações, notas de campos, etc. A pesquisa qualitativa estuda o fenômeno no seu *lôcus* natural, buscando compreendê-lo em termos dos significados que as pessoas atribuem para eles (DENZIN; LINCOLN, 2005). Ou seja, a ênfase recai sobre a compreensão das intenções e dos significados dos atos humanos (ALVES-MAZZOTI, 1999), mediante a construção de significados para as ações das pessoas em situações específicas. Assim, trata-se de “dar sentido ou interpretar os fenômenos em termos dos significados que as pessoas trazem para elas” (DENZIN; LINCOLN, 2005, p. 3).

Para possibilitar a aproximação desses significados, o método qualitativo considera a compreensão das inter-relações de suas ações numa instância particular, no caso da investigação, a sala de aula. O objeto de pesquisa foi investigado a partir de conhecimentos provenientes da área de Educação Matemática, mais especificamente, da modelagem matemática, bem como dos conceitos da teoria dos códigos de Basil Bernstein. As perguntas norteadoras foram investigadas por um caminho específico, o método qualitativo, para construção de conhecimento relativo à modelagem e professores.

A intenção foi compreender o processo de constituição das *tensões nos discursos*, as situações em que elas ocorreram e como os professores explicaram e lidaram com elas. O método qualitativo possibilitou compreender o objeto de pesquisa por meio da análise dos discursos dos professores em um contexto específico, a sala de aula, na recontextualização da modelagem matemática, permitindo compreender a dinâmica das ações dos professores e construir significados sobre ações deles na implementação de mudanças de práticas em suas aulas.

### 1.9.3 Os procedimentos de coleta dos dados

Na seção 1.5, apresentei as perguntas norteadoras que especificaram o objeto de pesquisa e, na seção anterior, o método escolhido para investigá-las. Para viabilizar o método qualitativo, apresento as técnicas e os procedimentos de coleta de dados realizados na

pesquisa. Em decorrência da delimitação do objeto, precisei observar as práticas pedagógicas dos professores que desenvolveram a modelagem em suas aulas para capturar seus discursos orais (provenientes das filmagens das observações das aulas e das gravações das entrevistas) e escritos (provenientes dos registros das aulas dos professores, as narrativas), para compreender como as tensões se manifestaram no contexto específico da sala de aula na recontextualização da modelagem pelos professores. Assim, utilizei múltiplas técnicas para a coleta dos dados: observação, entrevistas e documentos. Elas viabilizaram a coleta dos dados para compreender o objeto de pesquisa, uma vez que as tensões puderam ser identificadas e compreendidas a partir dos momentos em que os professores desenvolviam a modelagem nas aulas e quando falavam sobre as experiências neste ambiente de aprendizagem.

A observação é uma técnica de coleta de dados utilizada nas pesquisas, porque possibilita o contato pessoal e direto do pesquisador com o fenômeno pesquisado, permitindo capturar as ações humanas nos seus respectivos contextos sociais (ANGROSINO, 2005). Para a compreensão dos dados coletados por meio da observação, as perguntas norteadoras da investigação guiaram o pesquisador nas observações do contexto de pesquisa. Assim, a observação apresenta também uma intencionalidade do pesquisador, que pretende, de maneira sistemática, capturar as ações humanas em contextos específicos para construir significados sobre o fenômeno estudado.

A observação permitiu compreender a análise das situações de tensão em que, segundo a percepção da pesquisadora, as tensões ocorreram, a maneira como os professores lidaram com elas, bem como sua constituição, nos momentos de realização da modelagem nas práticas pedagógicas dos professores. Foram observadas dezesseis aulas do professor Boli, vinte aulas da professora Maria e quatorze aulas da professora Vitória. Essas observações foram *não estruturadas*, ou seja, “os comportamentos a serem observados não são predeterminados, eles são observados e relatados da forma como ocorrem, visando descrever e compreender o que está ocorrendo numa dada situação” (ALVES-MAZZOTTI, 1999, p. 166). Elas foram operacionalizadas por meio dos registros das observações das aulas e de filmagens das aulas dos três professores, no período de realização do ambiente de modelagem em sala de aula. Além das filmagens, foram realizadas gravações das vozes dos professores para capturar as vozes não registradas pelas filmagens.

Os registros das observações foram feitos em um caderno destinado para fazer anotações de aspectos percebidos nas aulas pela pesquisadora, como também fazer os registros do que ocorreu nas aulas quando a filmagem não pôde ser realizada em virtude de



algum problema técnico no equipamento, a câmera. As filmagens das aulas foram realizadas por meio de uma câmera que fez o registro dos momentos em que os professores recontextualizam modelagem, a interação professor e estudantes, nos grupos e com toda a turma. Além das filmagens, fiz registro das vozes dos professores por meio do gravador de voz, com o propósito de capturar o que não foi registrado pela câmera. Durante as aulas, o professor colocava o gravador de voz próximo ao pescoço para o registro da sua voz.

A entrevista é outra técnica utilizada para obter informações descritivas, na linguagem do próprio sujeito, permitindo que o pesquisador tenha uma ideia de como as pessoas constroem significados sobre as situações da realidade. Fontana e Frey (2005) argumentam que a entrevista não é uma troca de perguntas e respostas, mas um processo ativo que conduz à criação de uma narrativa limitada. Assim como a observação, a entrevista teve o propósito de capturar, por meio dos discursos dos professores, quais foram suas tensões e como foram constituídas e as explicações que eles apresentaram para os momentos em que recontextualizaram modelagem em suas práticas pedagógicas. O tipo de entrevista utilizado com os professores foi a semiestruturada, sendo operacionalizadas por meio do gravador de voz. Esse tipo de entrevista parte de alguns questionamentos, orientado pelo objeto de pesquisa, podendo realizar outras questões na ocorrência de algum tópico de interesse. Após cada aula observada, os professores e a pesquisadora se reuniram para conversar sobre o que aconteceu na implementação da modelagem. Essas conversas duraram em média trinta minutos. Elas se iniciaram com a questão: “Como foi o desenvolvimento do ambiente de modelagem na sua aula hoje?” Além desta, outras perguntas também foram formuladas durante as conversas para esclarecer algo que ocorria nas aulas relacionadas ao objeto da investigação com o propósito de esclarecer as ações dos professores coletadas pela observação para elucidar a análise dos dados.

O documento é “qualquer registro escrito que possa ser usado como fonte de informação”, podendo ser utilizado “como técnica exploratória (indicando aspectos a serem focalizados por outras técnicas)” ou “complementação dos dados obtidos por meio de outras técnicas” (ALVES-MAZZOTTI, 1999, p. 169). Os registros escritos das aulas, as narrativas, produzidos pelos professores, como decorrência da reflexão sobre as experiências no ambiente de modelagem, foram os documentos que fizeram parte dos materiais empíricos da pesquisa, como uma técnica para esclarecer os dados coletados por meio da observação e da entrevista. Cada professor escreveu, semanalmente, narrativas referentes às aulas destinadas ao ambiente de modelagem: oito narrativas foram escritas pelo professor Boli, dez narrativas

pela professora Maria e sete narrativas pela professora Vitória. Cada narrativa teve em média duas páginas, nas quais os professores descreveram o que aconteceu na aula.

Assim, os materiais empíricos analisados foram os dados referentes às transcrições das filmagens das aulas dos professores e das gravações das vozes dos professores nas aulas, as transcrições das entrevistas com os professores após cada aula e as narrativas dos professores referentes a cada aula.

#### 1.9.4 O processo de análise dos dados

A análise dos dados diz respeito à formulação de inferências e à produção de compreensões a partir dos dados coletados. Assim, o processo envolve a atribuição de significado aos resultados obtidos. Segundo Alves-Mazzotti (1999, p. 170), “é um processo complexo, não-linear, que implica um trabalho de redução, organização e interpretação dos dados que se inicia já na fase exploratória e acompanha toda a investigação”. Assim, trata-se de um processo, que envolve a construção de significados orientados pelo objeto de pesquisa.

Os dados da pesquisa foram os discursos dos professores, coletados em um contexto específico, a sala de aula, por meio de técnicas e procedimentos determinados pelo objeto e pelos objetivos da pesquisa. De acordo com Fiorentini e Lorenzato (2006, p. 142), “o que caracteriza um discurso são suas condições de produção. Isto é, o que é dito e o modo como se diz dependem do lugar social que ocupa quem fala ou escreve algo e, também, daquele a quem dirige sua fala e sobretudo das intenções implícitas e explícitas”.

Bernstein (2000) argumenta que dados e teoria precisam ter uma relação dinâmica, permitindo que eles desafiem ou ampliem a teoria. Assim, o autor sustenta uma relação dialética entre teoria e dados para o pesquisador construir descrições sobre o fenômeno investigado. Em vista disso, Bernstein (2000) propõe a noção de *linguagem de descrição* para descrever a relação dinâmica entre teoria e dados empíricos. O autor designa como *linguagem de descrição* um dispositivo de tradução que permite uma linguagem ser transformada em outra, sendo distinguida como *linguagem de descrição interna* e *linguagem de descrição externa*. A primeira diz respeito à teoria com seus conceitos e modelos e a segunda, refere-se às proposições e modelos derivados da linguagem interna de descrição utilizada para descrever o fenômeno estudado. Como foi mencionado por Bernstein (2000), é a linguagem de descrição externa que aciona a linguagem de descrição interna, promovendo a interação entre os dados empíricos e os conceitos da teoria. Com isso, ocorre um processo de retroalimentação entre as duas linguagens, no qual a teoria é o dispositivo que possibilita a

construção de proposições e modelos para analisar os dados, mas os dados fornecem elementos para desafiar a teoria.

Em decorrência dessas considerações, é possível afirmar que a noção teórica *tensões nos discursos* é uma linguagem de descrição externa que foi construída a partir dos conceitos derivados da teoria dos códigos de Bernstein (1990, 2000), a linguagem de descrição interna como denominado pelo autor, para descrever o fenômeno estudado. Essa noção teórica foi construída a partir dos conceitos da teoria dos códigos, possibilitando compreender a pergunta norteadora. Para analisar os dados e elaborar constructos teóricos em consonância com a pergunta norteadora e o quadro teórico, inspirei-me no conceito de linguagem de descrição de Bernstein (1990, 2000) e nos procedimentos analíticos de análise de dados da *grounded theory* (CHARMAZ, 2006), no que se refere à elaboração de códigos e categorias para as transcrições. Assim, foram realizados os passos que descrevo a seguir.

Primeiro, foi realizada a organização, transcrição e seleção dos dados, isto é, a partir dos dados provenientes das observações, das entrevistas e dos documentos, realizei, para cada professor, a transcrição das aulas filmadas e das gravações das vozes nas aulas e das entrevistas gravadas. A partir dos materiais transcritos e os registros escritos, as narrativas, fiz a leitura para me impregnar do seu conteúdo e a seleção de trechos referentes ao objetivo da pesquisa. Em seguida, no segundo passo, realizei uma análise de primeiro nível, que foi feita a partir de uma leitura, linha a linha, dos trechos provenientes das narrativas e das transcrições das observações e das entrevistas, atribuindo códigos preliminares. O processo de codificação consiste da identificação e atribuição de códigos que integram características convergentes nos dados. Posteriormente, os códigos preliminares foram analisados e sintetizados em categorias descritivas que explicam os tipos de *tensões nos discursos* e suas caracterizações. Assim, na análise de primeiro nível ocorre uma gradativa sistematização dos dados até categorias descritivas e conceitos que possibilitam analisá-las com a literatura discutidas nas seções anteriores e a teoria de Bernstein (2000). O terceiro passo foi uma análise de segundo nível, sendo desenvolvida a partir da relação e do confronto das *tensões nos discursos* com a literatura da área e a teoria de Bernstein (2000), resultando em compressões para o objeto de pesquisa e integrando os resultados ao campo científico.

Alves-Mazzotti (1999) discute a validade dos dados na pesquisa qualitativa, em termos de critérios relativos à credibilidade e consistência dos resultados. Os dados da pesquisa descrita nesta tese foram coletados utilizando múltiplas técnicas de acordo com a pergunta norteadora, o que possibilitou confrontar compreensões no processo de análise. Essas

múltiplas técnicas estiveram relacionadas ao método adotado, bem como aos fundamentos assumidos. Assim, internamente, a consistência dos resultados está relacionada à coerência entre as partes da pesquisa, ou seja, a manter uma ressonância entre objeto de pesquisa, quadro teórico, metodologia e as demais partes. Por sua vez, externamente, a consistência dos resultados foi verificada pela submissão dos resultados preliminares à discussão no grupo de pesquisa, o NUPEMM e a banca da comissão examinadora da qualificação, com a intenção de identificar evidências não exploradas pela pesquisadora e a consistência da análise dos dados. Além disso, os resultados preliminares também foram apresentados em eventos nacionais e internacionais da área de Educação Matemática, permitindo a avaliação de outros pares da comunidade científica.

#### 1.10 AS LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Apesar desta pesquisa não possuir um grau de generalidade pela singularidade do fenômeno, pretendo destacar as limitações da pesquisa. Pela natureza da investigação qualitativa, os resultados não podem ser diretamente generalizados, mas considerados como hipóteses teóricas para a compreensão de outros problemas, em outros contextos.

O propósito é, portanto, a geração de noções teóricas para servirem de base para o entendimento das práticas pedagógicas dos professores, quando eles desenvolvem alguma mudança de prática em suas salas de aulas no campo profissional e científico.

Assim, apesar de os resultados apontarem limites em relação à ampliação para qualquer contexto, na medida em que aparecem aspectos específicos para professores de Matemática implementando mudanças de práticas em suas aulas, que não surgem para professores de outras disciplinas, possibilitam produzir inferências para futuras pesquisas nas áreas de Educação Matemática e de Educação Científica, relacionadas ao professor recontextualizando discursos em suas práticas pedagógicas.

## CAPÍTULO 2

### ARTIGOS

Neste capítulo, apresento três artigos com objetivos diferentes, referentes aos resultados da pesquisa sobre as *tensões nos discursos* quando três professores desenvolveram suas primeiras experiências com modelagem matemática em suas práticas pedagógicas. A seguir, apresento o resumo de cada artigo e em seguida, a versão completa de cada artigo.

#### 2.1 ARTIGO 1 – *Mathematical modelling in pedagogic practices: tensions in teachers' discourses*

Neste primeiro artigo, o nosso objetivo é analisar o processo de constituição das *tensões nos discursos* quando três professores recontextualizaram modelagem matemática em suas práticas pedagógicas. Os dados referentes à abordagem qualitativa de pesquisa foram coletados por meio de observações, entrevistas e documentos. Os resultados apontam a constituição de três *tensões nos discursos* dos professores: *abordagem das respostas dos alunos, intervenção do professor e abordagem do conteúdo matemático*. A constituição delas nos discursos dos professores refere-se à descontinuidade entre os discursos presentes na prática pedagógica e o discurso sobre modelagem matemática, mudando os modos de interações comunicativas em sala de aula. As tensões são identificadas nos discursos dos professores quando eles decidiram *o que pode ser dito e como pode ser dito* em sua prática pedagógica. Este artigo será submetido à publicação no periódico *Journal of Mathematics Teacher Education*.

#### 2.2 ARTIGO 2 – *Modelagem matemática e situações de tensão na prática pedagógica dos professores*

Neste segundo artigo, o nosso objetivo é identificar e analisar as situações em que ocorreram *tensões nos discursos* quando três professores desenvolveram suas primeiras experiências com modelagem matemática em suas práticas pedagógicas. Os dados referentes à abordagem qualitativa de pesquisa foram coletados por meio de observações, entrevistas e

documentos. Os resultados apontam as seguintes situações em que as *tensões nos discursos* foram manifestadas na recontextualização da modelagem: *envolvimento dos alunos na discussão do tema, planejamento do ambiente de modelagem, organização dos alunos para realizar as atividades, apresentação das respostas dos alunos*. As situações de tensão e as tensões são resultado das descontinuidades entre os discursos já presentes na prática pedagógica e o discurso sobre modelagem. Este artigo será submetido à publicação no periódico *Boletim de Educação Matemática (Bolema)*.

### 2.3 ARTIGO 3 – *Mathematical modelling in pedagogic practices: teachers understanding and dealing with tensions in discourses*

Neste terceiro artigo, o nosso propósito é analisar como três professores explicaram e lidaram com duas *tensões nos discursos* quando eles recontextualizaram modelagem matemática em suas práticas pedagógicas: *a tensão das situações inesperadas e a tensão da abordagem do conteúdo matemático*. Os dados referentes à abordagem qualitativa de pesquisa foram coletados por meio de observações, entrevistas e documentos. Os resultados apontam que os professores reconheceram que o ambiente de modelagem requereu a produção de um texto legítimo para lidar com a tensão das situações inesperadas e a tensão da abordagem do conteúdo matemático, pois, quando ocorreram essas tensões eles quiseram saber o que fazer e como fazer. Eles lidaram com essas tensões realizando específicas ações: buscaram orientações para saber como implementar a modelagem em suas aulas, enquadraram a atividade de modelagem como uma atividade escolar e decidiram como trabalhar o conteúdo matemático. Este artigo será submetido à publicação no periódico *International Journal of Science and Mathematics Education*.

## **ARTIGO 1**

# **MATHEMATICAL MODELLING IN PEDAGOGIC PRACTICES: TENSIONS IN TEACHERS' DISCOURSES**

## MATHEMATICAL MODELLING IN PEDAGOGIC PRACTICES: TENSIONS IN TEACHERS' DISCOURSES

**Abstract** In this paper, we present the results of an empirical study on the *tensions in discourses* experienced by teachers when implementing mathematical modelling as part of their pedagogic practices. Through an analysis of teachers' modelling-based lessons – using Bernstein's theoretical frame – we examine how tensions in teachers' discourses are constituted in recontextualizing of mathematical modelling in their classrooms. The nature of the research is qualitative. Data originated from observations accomplished through recordings of lessons, interviews after each lesson and teachers' narratives on their lessons. The results have suggested three tensions in discourses that were constituted when the teachers recontextualized modelling in their pedagogic practices: *approach of the students' answers*; *teacher's intervention*; *approach of the mathematical content*. The constitution of tensions in teachers' discourses refers to the discontinuity among discourses present in the pedagogic practice and the discourse on modelling, changing the modes of communicative interactions in classroom.

**Key words** Mathematics Education; Mathematical Modelling; Teachers; Tensions in discourses.

### 1. Introduction

Researches in mathematics education have focused on the promotion of mathematical modelling within educational systems in different countries (Blum, Galbraith, Henn and Niss, 2007; Carrejo and Marshall, 2007; Wake and Hardy, 2007; Michelsen, 2006; Lingefjård, 2006). By *mathematical modelling* we mean a learning environment where students are required to approach problems from daily life or other disciplines' situations through mathematics (Barbosa, 2003, 2006). The notion of *learning environment* refers to social conditions provided to students for the development of some activities (Skovsmose, 2001). The problem that students are asked to formulate and/or solve from daily life or other disciplines' situations is a *mathematical modelling task*. In this paper, in order to avoid repetition, we use the term “modelling” as shorthand for “mathematical modelling”.

Blum et al. (2002) point out that modelling has been a central theme in mathematics education to analyse the relation between everyday life and mathematics. One of the arguments presented in the literature is that modelling motivates students to think about the roles that mathematical models play in society (Barbosa, 2006; Skovsmose, 2005). This argument has been identified as the key factor for conceptualising modelling and the so-called socio-critical perspective (Barbosa, 2006; Kaiser and Sriraman, 2006). However, despite



debates in favour of the promotion of modelling in pedagogical contexts, evidence s that modelling is not yet part of the school curriculum, and that it rarely appears in teaching practices (Niss, Blum and Galbraith, 2007, Kaiser and Maaß, 2007, Blum et al., 2002). This evidence requires that the debate on modelling investigates how teachers have implemented the problems that arise from daily life or other disciplines' situations, in their classrooms.

In addition, why do teachers promote (or not) modelling in the classroom? How do teachers place modelling in their pedagogic practice? What dilemmas and tensions occur when teachers implement modelling in their classrooms? These questions seem to demand specific actions from teachers, and continue to be an area which requires more investigation in order to understand what modelling in the classroom is (Barbosa, 2006). We will examine, in particular, what happens when teachers implement mathematical modelling in school settings.

The aim of this paper is to examine how tensions in teachers' discourses are constituted whilst they are implementing modelling tasks in their classrooms. This is done through an analysis of teachers' discourses. By *discourse* we mean an oral or written text produced by an individual in a specific social context.

This paper is divided into six sections following this introduction. In section two we discuss our theoretical perspective in order to justify our approach for analyzing the data. Bernstein's theory is the theoretical perspective employed to highlight the tensions in teachers' discourses (Bernstein, 1990, 2000). The literature on modelling and teachers is combined with the chosen theoretical perspective. In section three we describe the context of the research and the methodology adopted in the study. In section four we describe teachers' modelling tasks through some of their teaching experience moments in order to demonstrate the tensions in their discourses; in section five we discuss the results of our analyses. Finally, in section six we draw some conclusions as well as consider implications for research and practice in mathematical modelling within mathematics education.

## **2. Theoretical perspective**

In this section, we begin by discussing the tensions in teachers' discourses as described in Bernstein's theory. We will then make use of this theoretical perspective to address the literature on modelling and teachers.

## 2.1 A sociological approach to the tensions in teachers' discourses

Our conceptualisation of tensions in teachers' discourses draws upon the sociological approach of Bernstein's theory (Bernstein, 1990, 2000). Our purpose is to examine how tensions in teachers' discourses are constituted whilst they are implementing mathematical modelling tasks as part of their pedagogic practices. Bernstein (2000) broadly defines *pedagogic practice* as the relationships that happen in a certain social context for cultural reproduction/production. In a school context, it can be understood as the relationships between teachers and students for the teaching and learning of certain contents.

Bernstein (1990, 2000) established two concepts to address the relations of power and control in the pedagogic practice: *classification* and *framing*. Classification refers to relations of power between different categories, as for example, discourses, practices. It is defined by the degree of insulation between categories that is maintained by relations of power. *Insulation* is defined by Bernstein (2000) as the space between categories. "Power always operates to produce dislocations, to produce punctuations in social space" (Bernstein, 2000, p. 5). In other words, "it is the strength of the insulation that creates a space in which a category can become specific" (Bernstein, 1990, p. 23). As a result, the principle of classification places individuals according to the legitimacy of an oral or written discourse. Framing, on the other hand, refers to the controls on communication in any pedagogic practice. It refers to the different forms of legitimate communication realised in any pedagogic practice. Framing refers to the nature of control over selection, sequence, pacing, and criteria of the communication. These elements constitute the internal logic of the pedagogic practice. In this sense, "classification provides us with the limits of any discourse, whereas framing provides us with the form of the realisation that discourse" (Bernstein, 2000, p. 12).

In other words, classification refers to *what can be said* and framing *how it can be said* in pedagogic practice. These concepts can have strong or weak values, according to communicative principles. For example, in many mathematics lessons, teachers present some mathematical ideas and techniques and students work with selected exercises previously chosen by teachers. These mathematics lessons are characterized by Skovsmose (2001) as exercise paradigm. From a Bernsteinian point of view, the values of classification and framing are strong in a lesson that is characterized as exercise paradigm, because what teachers and students can say legitimately and how it can be said is regulated by discourses already established and legitimated socially in this pedagogic context. On the other hand, once

mathematical modelling is moved to the classroom, what happens with the values of these concepts in a mathematics lesson? Mathematical modelling might mean the weakening of classification and framing, because other discourses are moved to the classroom to solve the problems that are investigated by students together with the teacher, requiring other types of communicative interactions. However, there is a control on how modelling will be developed in the pedagogic practice. This control is operated by agents positioned in the school context, such as, teachers, students, parents, school head etc.

Bernstein (2000) distinguishes two forms of discourse: horizontal and vertical discourses. He defines *horizontal discourse* as the daily knowledge or the knowledge of the common sense. This discourse refers to a form of knowledge that is oral, local, tacit, context dependent and specific. On the other hand, *vertical discourse* is defined as a form of knowledge that is coherent, structured, explicit and hierarchically organized (as it is in the natural sciences) or a form of a series of specialised languages with specialised criteria for the production and circulation of texts (as in the social sciences). Mathematical modelling can involve the relation between mathematics (vertical discourse) and daily situations (horizontal discourse) or mathematics (vertical discourse) and situations from scientific disciplines (vertical discourse).

We will use what Bernstein (2000) calls pedagogic recontextualising to explain how modelling can become part of the school context. Bernstein (1990, 2000) uses the term *pedagogic recontextualising* for the movement of a discourse from its original site to a pedagogic site. The original site, where a new discourse is constructed, is named the *field of production*. This discourse is moved from the field of production and transformed into a pedagogic discourse through the *recontextualising field*. Its function is to recontextualize discourses from the field of production. The recontextualising principle creates recontextualising fields and agents with recontextualising functions. He makes a distinction between an *official recontextualising field* that has been created and is governed by the state and a *pedagogic recontextualising field* composed of teacher educators, textbook writers, curricular materials designers, specialised journals, etc. The *field of reproduction* is “where pedagogic practice in schools occurs” (Bernstein, 2000, p. 113), that is, where discourses that are moved from recontextualising field are used in schools.

In Brazil, teachers have encountered mathematical modelling through teacher education programmes and official documents. The process of delocating modelling that teachers encounter in these spaces to the school setting is an example of pedagogic

recontextualising. Bernstein (2000) emphasizes that “as the discourse moves from its original site to its new positioning as pedagogic discourse, a transformation takes place” (p. 32). What is pedagogic discourse? How is a pedagogic discourse produced? How does a pedagogic discourse operate? *Pedagogic discourse* is a principle for the circulation and selection of discourses that are relocated and refocused according to their own principles (Bernstein, 2000). For example, school mathematics is a pedagogic discourse formed through the recontextualising of the mathematics discourse.

The notion of discourse as a text presented in the introduction differs from the concept of a pedagogic discourse, which should be understood as a principle, because pedagogic discourse “cannot be identified with the discourses it transmits” (Barbosa, 2000, p. 32). In this sense, once mathematical modelling is brought to the classroom, through pedagogic recontextualising, pedagogic discourse selectively relocates and refocuses it according to the present rules in the pedagogic practice. Similarly, when a problem is moved to the mathematics lesson – and it is about daily or other disciplines' situations – pedagogic discourse operates through the selection and positioning in this context.

Bernstein (2000) argued that pedagogic discourse is a recontextualising principle and it is generated by a recontextualized discourse. As previously mentioned, *pedagogic recontextualising* is a process that moves a discourse from its original site to a pedagogic site. As a result, “the original discourse is abstracted from its social base, position and power relations” (Bernstein, 2000, p. 38). Lerman and Zevenbergen (2004) indicated that “teachers recontextualise mathematical practices into school mathematics; the pedagogic discourse reconstitutes the practice into a new form” (p. 33). This means that it might change the values of classification and framing in a mathematics lesson.

Evans, Morgan and Tsatsaroni (2006) use “emotions” as a category to understand students' mathematical actions. They considered emotions as socially discursive phenomena, being constituted by relations of power and constituted by social identity. In the same way, we could say that the expression *tensions in discourses* is socially organized, being constituted by the discontinuity among discourses that circulate and are legitimized socially in the pedagogic practice. However, the production of these discourses does not happen freely, as they have a social position and are part of conditions of production in a social context (Evans, Morgan and Tsatsaroni, 2006). Without discourses, we cannot talk about tensions among them, because pedagogic discourse operates at the level of the discourses.

We use the expression *tensions in discourses* to understand how teachers recontextualize mathematical modelling in their pedagogic practices. What are *tensions in discourses*? How can they be identified? *Tensions in discourses* are manifested by teachers through contradictions, cleavages and dilemmas that are constituted because of the space between categories of discourses that are present in the pedagogic practice. “The classificatory principle creates order, and the contradictions, cleavages and dilemmas which necessarily inhere in the principle of a classification are suppressed by the insulation” (Bernstein, 2000, p. 7). This means that *tensions in discourses* might be interpreted in terms of a recontextualising process, because bringing a new discourse to the classroom involves crossing the insulation between its original and pedagogic sites. This new discourse is positioned by the pedagogic discourse, and it presents a discontinuity in relation to the present discourses in the pedagogic practice. This discontinuity is justified by the insulation among discourses that are positioned in the pedagogic practice.

Thus *tensions in discourses* can be identified when there are characteristics of consolidated discourses and legitimated in the pedagogic practice and a discourse that is brought to it. The expression *tensions in discourses* has its origin in the discontinuity among consolidated discourses and a new discourse – in this case the discourse on modelling – relocated by pedagogic discourse, when teachers decide what can be said in their pedagogic practice whilst they recontextualize mathematical modelling and how it can be said. This discontinuity that constitutes tensions in discourses is manifested in the teachers' discourses through contradictions, cleavages and dilemmas which occur in specific moments in the pedagogic practice that are denominated as *situations of tension*.

In the next section, following Bernstein's point of view, we will use the aforementioned concepts to analyse how teachers have implemented mathematical modelling in their pedagogic practices.

## 2.2 Mathematical modelling and teachers

Although curricula around the world propose the promotion of mathematical modelling in teacher education programmes, Niss, Blum and Galbraith (2007) and Lingefjärd (2007) have pointed out that few programmes really do it. As a result, there is limited use of modelling in many levels at school. Teachers have encountered mathematical modelling through teacher education programmes (in-service or pre-service), books, specialised journals,

conferences (Blum, Galbraith, Henn and Niss, 2007), official curriculum and materials created by the state.

Studies such as Kaiser and Maaß's (2007), Doerr's (2007) and Doerr and English's (2006) have shown evidence of the role of modelling in expanding teachers' mathematical knowledge, in developing their abilities to solve applied mathematical problems, and in challenging their beliefs. Nevertheless, teachers have shown resistance to include modelling in schools (Ikeda, 2007, Kaiser and Maaß, 2007, Blum and Niss, 1991). However, according to Bernstein's theory, the ways by which teachers have recontextualized mathematical modelling in classrooms are controlled by agents positioned in the pedagogic context, such as the teachers themselves, students, parents, specific rules of the school, and so on. As a result, teachers' resistance to use modelling in their pedagogic practices can be explained in terms of a recontextualising process, because the discourse on modelling crosses the insulation between its original place (pedagogic recontextualising field) and a new place (classroom).

Current researches have included studies on teachers' pedagogic practices in mathematical modelling (Antonius et al., 2007, Doerr and English, 2006, Doerr, 2006, 2007, Blomhøj and Kjeldsen, 2006, Leiß, 2005). These studies have discussed how teachers have developed specific strategies to follow the students that are making use of modelling: interventions in students' modelling processes (Leiß, 2005) and interpretations of students' mathematical thinking (Doerr, 2006). Drawing on Bernstein (2000), these strategies are a result of how teachers have placed modelling in their teaching practices and how it required other types of communicative interactions.

In a study by Chapman (2007), teachers used strategies that created a suitable atmosphere for students to engage in modelling. These strategies involved learning about problem solving and integrating problems in lessons. Doerr (2007) characterized teachers' modelling knowledge in terms of offering useful representations of students' ideas, hearing unexpected approaches, listening to anticipated ambiguities and supporting students in making connections with other representations. These results may mean that promoting modelling in the classroom might provoke some change in the pedagogic practice. These studies show how actions conducted by teachers refer to the pedagogic discourse, once they were meant to relocate modelling into their pedagogic practice. This means that the implementation of mathematical modelling weakens classification and framing, because there are changes in control regarding the principles of selection, sequencing, pacing and criteria of communication.

One of the teachers in a study by Doerr and English (2006) was unsure about the strategies that students might use to solve the problem. Thus the teacher did not know how her students could solve the problem, because it was not clear for her how to select, sequence, pace and follow students' solutions in the development of the modelling task. This sense of uncertainty is related to the legitimacy of her action in the school context, arising from the tension about how to conduct the task and the uncertainty about what solutions the students might develop to solve the problem.

In our research, we have been discussing the notion of “tensions in discourses” as a starting point to capture the discontinuity among legitimate discourses and a new discourse placed by the pedagogic discourse in the pedagogic practice.

Empirical studies have examined teachers' dilemmas and tensions in implementing innovations in the pedagogic context (Blomhøj and Kjeldsen, 2006, Morgan, Tsatsaroni and Lerman, 2002). Morgan, Tsatsaroni and Lerman (2002) have also identified tensions between a discourse of mathematical investigation and a discourse of assessment in terms of the contradictions in relation to different modes of pedagogic practice. When these discourses are positioned in the pedagogic practice by the pedagogic discourse, in terms of the analysis of Bernstein (2000), it demonstrated that the manifested tensions happened because of the previous isolation among discourses to bring the contradictions that separate them. That is because the new discourses that are moved by teacher to the pedagogic practice present a discontinuity in relation to the other discourses that already exist in the pedagogic practice.

Some teachers' dilemmas were pointed out by Blomhøj and Kjeldsen (2006) when they implemented modelling projects in their pedagogic practices. The first dilemma refers to the understanding of the phases in the modelling process from a holistic point of view or as an inner part of the modelling process to work with the mathematical content. The second dilemma refers to seeing modelling as an educational goal or as a mean for motivating and supporting students' learning of mathematics. The third dilemma refers to how to develop students' autonomy when working with projects. These dilemmas might be explained in terms of the space that separates mathematical modelling discourse from teachers' education programmes (pedagogic recontextualising field) and mathematical modelling discourse recontextualized to the classroom (field of reproduction).

These dilemmas and tensions might be seen as results of trying to place a new discourse in the pedagogic practice. In other words, it seems to be part of a recontextualising process, once the new discourse needs to cross the insulation that separates the pedagogic

sites from its original site. As a result, such insulation suppresses contradictions, dilemmas and tensions that might be identified in teachers' discourses in their pedagogic practices, because of the discontinuity that is justified by the insulation among discourses that already exists in the pedagogic practice.

In this paper, we examine the tensions experienced by teachers whilst they recontextualize modelling in their classrooms. In particular, we limit our focus to the following question: *How are the tensions in the teachers' discourses constituted when implementing mathematical modelling in their pedagogic practices?*

To investigate this question, we identify the tensions in discourses and explain the process whereby they were constituted when teachers recontextualized mathematical modelling in their pedagogic practices.

In next section, the context will be described as well as the rationale for data collection and analysis.

### 3. Method

#### 3.1 Context

This paper is part of a wider research<sup>1</sup> on the tensions in teachers' discourses in the implementation of mathematical modelling in their pedagogic practices. The context was taken from the first modelling-based lessons of three lower secondary school teachers at public schools in the Northeast of Brazil. At the time of data collection, these teachers were finishing a training program for non-certified mathematics teachers at the State University of Feira de Santana, in the state of Bahia, Brazil. It is still very common that non-certified teachers teach at schools, because of the lack of teachers in the Brazilian educational system. In this training course, the teachers were involved in a modelling approach. They developed modelling projects by themselves, as well as being required to implement modelling tasks in their classrooms. The first author was a lecturer in this program.

For this study, we selected teachers who wanted to participate and who, also allowed us to enter their classrooms and collect data. We requested an authorization (Term of Free and Known Consent) from these teachers to collect data in their classrooms.

---

<sup>1</sup> The research project "Mathematical modelling, teachers and tensions" was registered in the Committee of Ethics in Research of the State University of Feira de Santana under protocol nº 057/2006 (CAAE – 0053.0.059.000-06) in June of 2006.



Boli, Maria and Vitoria were the pseudonyms chosen for the selected teachers. All of them had been teaching for over 14 years in public schools with classes of disadvantaged students. Before attending the training program the teachers' pedagogic practices had been based on exposition and exercises and their lessons were planned mainly by following a textbook. Two of the five mathematics lessons were set aside to develop the modelling tasks per week. Each lesson lasted fifty minutes. They organized the modelling environment according to what Barbosa (2003) calls *Case 2*: the teacher introduces a problem and students should collect data to investigate and solve it. However, they elaborated some tasks framed in *Case 1* during the development of the modelling environment. In *Case 1*, the teacher presents a problem with quantitative and qualitative data and students solve it (Barbosa, 2003).

### 3.2 Data Collection and Analysis

The nature of the research followed a qualitative perspective (Denzin and Lincoln, 2005), with the overall purpose of understanding how the tensions in discourses associated to modelling are constituted in the pedagogic practices. Each teacher was videotaped during the lessons in which the modelling tasks were developed. The videotaping focused on teachers and interaction with their students.

After each lesson, interviews were carried out with each teacher. These interviews were recorded and included an examination of how the teachers developed modelling in their classrooms. In the interview, the question was: "How was modelling developed in your class today?" One of the tasks in the training course was that teachers had to write a narrative about their lessons; this narrative was included in the data corpus. The data analyzed in this study were the transcripts of the videotaped lessons and recorded interviews, and teachers' narratives on their lessons.

Bernstein (2000) argues that the articulation between empirical data and theory is crucial to describe phenomena. To the author, data and theory should form a dynamic relationship. Our purpose is to explain the process whereby tensions in discourses are constituted in the recontextualization of mathematical modelling in teachers' pedagogic practices. Thus these pedagogic practices were analyzed in terms of the relationships between agents (teachers and students) and present discourses in the pedagogic practice and discourses on mathematical modelling. In order to address this point, we were inspired by the analytical procedures of data analysis of the grounded theory (Charmaz, 2006), that is, with the

elaboration of codes and categories of the transcribed data. This analysis of data was done in three phases. The first phase involved the readings of the transcripts of the videotaped lessons and interviews, as well as teachers' narratives on their lessons. The second phase involved the identification of moments related to the question researched. Such moments are pieces of data from the videotaped lessons, interviews and teachers' narratives which were edited and referred to one or more tensions in discourses. Then, the pieces of data were read, line by line, and coded using an open-ended coding of the situations in which the tensions in discourses were constituted in each lesson. The third phase consisted of classifying the codes into more general categories to be discussed in the light of the literature and Bernstein' theory, for better understandings.

#### **4. Mathematical modelling in teachers' pedagogic practice**

In this section, for each teacher, we will briefly describe the development of the modelling task and then we will provide an analysis of two moments in their lessons in order to show the process of constitution of the *tensions in discourses* when teachers recontextualized modelling in their pedagogic practices.

##### **4.1 Modelling in Boli's pedagogic practice**

Boli developed a modelling task entitled “Basic basket of goods”<sup>2</sup> in two classes (9<sup>th</sup> grade) in the lower secondary level, between August and October 2006. Typical class size was 40-45 students. He explained that he used modelling in his pedagogic practice as a way to help students “understand the presence of mathematics in daily situations”<sup>3</sup>. Boli explained that he decided the theme of the modelling task after he noticed how his students acted during the break. He wanted to understand his students' families' social conditions. In addition, he was curious to know whether they were aware of how their parents managed to pay for their monthly expenses.

“After questioning myself a lot, I told the teacher (the lecturer) that I was especially worried with some students that waited anxiously for the time of snack at school. I always ask myself how these students live when they are not at school. Do their parents have a fair salary for the family's survival?

---

<sup>2</sup> In order to avoid repetition, we use the term “basic basket” as shorthand for “basic basket of goods”.

<sup>3</sup> “Para compreender a presença da matemática nas situações do dia a dia”.

Thinking about these questions, I had the idea of developing a project about families and the minimum wage. I also worried if the students knew how their parents spent their salaries with the expenses they have at home. Then, I came to the conclusion that the project would be entitled: “How can a minimum wage afford a family in Conceição do Jacuípe?”<sup>4</sup>

The modelling task was planned in some phases, such as discussing the theme, defining the products and their quantities for a basic basket, obtaining information about the prices of the products in supermarkets, making calculations and comparisons, defining the family's expenses, and eventually drawing graphs. Each phase was accomplished in two lessons per week, during eight weeks. Thus we are able to notice how Boli sequenced the modelling task in specific steps. Next, we present an analysis of two moments from Boli's lessons.

*Moment 1: Students propose different types of basic baskets*

Boli began the second lesson by asking the groups (five or six students per group) about the prices of the products of the basic basket that they had checked in supermarkets. In the previous lesson, he had discussed and defined with his students the products that were in this basic basket and their quantities and had come up with this list:

Table 1 – List of basic basket of goods written by the teacher and students

PRODUCTS	QUANTITIES
Rice	8 packs
Beans	8 packs
Spaghetti	3 packs
Sugar	6 packs
Oil	2 or 4 cans
Coffee	4 packs (250g per pack)
Beef	1,5 kg pack
Wheat flour	1 kg pack
Biscuit	2 packs
Butter	250g or 500g pack
Guava jam	1 can
Corn flour	2 or 3 packs

<sup>4</sup> “Depois de vários questionamentos, disse à professora que eu tinha uma preocupação em especial com determinados alunos que esperam com ansiedade o momento da merenda. Eu sempre me questiono como é a vida desses alunos quando não estão na escola. Será que seus pais têm um salário digno para a sobrevivência da família? Pensando nestas questões, surgiu a idéia de desenvolver um projeto relacionado com a família e o salário mínimo. Também a preocupação se os alunos sabiam como os pais gastavam seus salários com as despesas que eles têm em casa. Então, cheguei à conclusão de que o tema do projeto ficaria da seguinte forma: *Como o salário mínimo custeia uma família em Conceição do Jacuípe?*”

Powdered milk	2 packs (500g per pack)
Detergent	1 pack
Soap powder	1 pack
Soap in bars	4 packs
Vinegar	1 pack
Bleach	1 pack
Soap	4 packs
Toothpaste	1 or 2 packs
Steel wool	1 pack
Tomato paste	1 can

However, Boli noticed that the prices of the products were different in the groups. Each group presented a type of basic basket. He noticed that there was a difference in the lists, because his students had included others products in the basic baskets. They had not followed the list that they had written with him. Boli commented on the products that his students had included in the basic baskets of goods with the lecturer. The included products were yogurt, soda, biscuits. Because of this, he was not sure what he should do and asked the lecturer: “The students' basic baskets are different. What do I do?”<sup>5</sup> He did not expect this to happen so he asked the lecturer for help. “When I saw the basic baskets' values, I noticed that the students had included other products. Their basic baskets were more expensive than the ones their parents used to buy. So, I questioned the students on it and they said that these products were necessary”<sup>6</sup>.

Boli was surprised with the different basic baskets that his students had presented to him. Because they had worked on the products and their quantities beforehand he expected that they would simply go to the supermarkets and check the prices of the products. But, he did not imagine that they would include other products. He felt that he needed support from the lecturer to help him with this situation.

This situation, the first moment, shows two discourses present in the pedagogic practice: to work with a type basic basket of good, that is, to work with an answer and to work with different types of the basic basket of goods, that is, to work with different answers. The first is related to discourse already consolidated and traditional in the pedagogic practice. The second is related to discourse on modelling in the pedagogic practice, in which teachers

<sup>5</sup> “As cestas básicas dos alunos estão diferentes. O que eu faço?”

<sup>6</sup> “Quando eu vi os valores das cestas básicas, eu percebi que os alunos tinham incluído outros produtos em suas cestas básicas. As cestas básicas dos alunos estavam mais caras do que as cestas básicas compradas pelos seus pais. Então, perguntei se alguns produtos não faziam parte de uma cesta básica, eles responderam que os produtos eram necessários”.

discuss the different answers they get from students. These discourses are legitimate texts, but they present a discontinuity between them. This discontinuity between discourses constitutes a tension that had been identified when Boli wanted to know what to do when his students showed different types of the basic baskets.

*Moment 2: Students had difficulties in using the mathematical content*

Boli began the fifth lesson by asking the groups of students to present the calculations of their families' expenses, taking as a parameter the minimum wage. "What did you observe in the expenses of a family?"<sup>7</sup> After this introduction to the task, he was circulating around the groups when he noticed that the calculations, in some of the groups, were not correct. "I noticed that almost all students didn't know anything about percentage and rule of three"<sup>8</sup>. Boli asked them "Did you work in the 6<sup>th</sup> grade with proportion and percentage?"<sup>9</sup> These contents had already been studied in the previous grade, but his students had difficulties to use them in solving the modelling task.

He had to interrupt the lesson many times to correct mathematical mistakes made by students. Due to this situation, he told the lecturer that he would ask his students to make the calculations again, because the values were not correct. "I noticed that the calculations were not correct and they made the calculations again. I was worried with the high values that they had come up with"<sup>10</sup>. Boli was concerned about that, because it showed that students did not know how to solve the task.

"Because we are working with mathematics, we want that students learn how to make calculations. And students did not know how to make calculations very well. So, I was worried about that. There was a lesson in which I had planned to make a graph, but the calculations were wrong. So, we spent one more lesson making the calculations again. Beyond working with modelling, the mathematical content must be present. Teachers must bring this content to students. Students need to notice the daily activities, and also they shall see that the mathematical content is interesting and important to be studied. Without the mathematical content, modelling could not be applied. How will students solve problems from their daily lives if they do not know how to make calculations? I think it is very important. When students made mistakes, I had to stop with everything and I asked them to make the calculations again. Then I walked around the groups, guiding them. [...] Regarding "percentage": some students knew it, others did not. If I had not explained to them how to calculate it, the activity

<sup>7</sup> "O que vocês observaram nas despesas de uma família?"

<sup>8</sup> "Percebi que quase todos os alunos não tinham noção de porcentagem e regra de três".

<sup>9</sup> "Vocês trabalharam na 6<sup>o</sup> série com porcentagem e regra de três?"

<sup>10</sup> "Eu percebi que os cálculos não estavam corretos e eles refizeram novamente. Eu fiquei preocupado com valores tão altos que eles encontraram".

would not have been interesting, because they were doing an activity but they were also using mathematics. If they did not know how to make calculations, how would they come up to a result?”<sup>11</sup>

Boli noticed that his students had difficulties in using some contents during the development of the modelling task. “Hey guys! We are reviewing percentage and rule of three. You remember them, don’t you?”<sup>12</sup> Due to this situation, he had to teach the mathematical content that was required in the modelling task.

In this second moment, Boli noticed that his students were not solving the modelling task, because they showed difficulties in using previous mathematical contents that were necessary for that. Boli thought that his students would solve the task because they knew the content from the previous grade. However, it did not happen, because they did not know how to use these previous contents to solve it. How to approach previous mathematical content in the modelling task? This situation shows the discontinuity between discourses that constitutes a tension.

## 4.2 Modelling in Maria's pedagogic practice

Maria developed a modelling task entitled “Analyzing water bills” in a class (6<sup>th</sup> grade) in the lower secondary level, between August and October 2006. Typical class size was 40-45 students. She explained that she used modelling in her pedagogic practice as a way to help students learn mathematics: “It is important that teachers introduce mathematical modelling in their pedagogic practices to facilitate the learning of the students' mathematics”<sup>13</sup>. Maria's school was developing a project about environment in the period in which the data were collected. All disciplines participated in this project and Maria thought

<sup>11</sup> “Por estar tratando de matemática, a gente quer ter a aprendizagem de cálculos. Eles estavam muito defasados nisso aí. Então eu tinha essa preocupação. Você viu que teve uma aula que eu tinha planejado fazer o gráfico, mas os cálculos estavam errados. Então, a gente perdeu mais uma aula refazendo os cálculos novamente. Além de trabalhar com a modelagem, o conteúdo matemático precisa estar presente. Para eles perceberem a atividade do cotidiano, eles precisavam perceber que é também interessante e importante saber o conteúdo matemático. Sem o conteúdo matemático também, a modelagem não se aplicaria. Como é que eles vão resolver os problemas do cotidiano se eles não sabem os cálculos matemáticos? Eu acho que é importante. Quando os alunos apresentaram os erros, tive que parar tudo e pedir que eles refizessem os cálculos. [...] O caso da porcentagem mesmo: alguns conheciam, outros não. Se eu não explicasse como calculava a porcentagem, a atividade não ia ser interessante. Porque estava desenvolvendo uma atividade, mas também utilizando a matemática. Se não souber o cálculo, como chegar ao resultado sem saber calcular?”

<sup>12</sup> “Oh, turma! São dois conteúdos que estamos revendo porcentagem e regra de três. Vocês não lembram disso não?”

<sup>13</sup> “É importante que professores introduzam modelagem matemática em suas práticas pedagógicas para facilitar aprendizagem dos alunos em matemática”.

that the theme “water bill” could contribute to the theme “environment”. In this theme, she, together with her students, decided to focus on three aspects of a water bill: consumption in cubic meters, parameters of the quality of the water, and hydrometer. As explained by Maria: “The students can verify the consumption of water in their homes and in the school”<sup>14</sup>.

The modelling task was planned in a number of phases, such as discussing the theme, analyzing water bills, discussing what a hydrometer is, using a hydrometer, getting information about water bills, analyzing tables, making calculations and comparisons. Each phase was accomplished in two weekly lessons, during ten weeks. Next, we present an analysis of two moments from Maria's lessons.

*Moment 1: Students did not make the calculations*

Maria began the fifth lesson by asking her students if they had brought the worksheets that she had handed out in the previous lesson. The worksheets were a table of water usage charges from the local Water Company and a table about wasted water in household chores that were extracted from Portuguese coursebooks. After that, she wrote on the white board some questions about household chores in which water is used: washing dishes, cleaning the house, washing the family's car, watering plants. Next, she was circulating around the groups when she noticed that they had not answered the questions. Maria told the lecturer that her students had not made the calculations. The lecturer asked her the reason for that. She answered that they did not understand the questions. She was concerned with her students' difficulties to solve the questions.

“They read the questions, but they did not answer them. Then I asked them why they had not answered the questions. They answered that they did not know how to do that. [...] They said they did not know how to make the calculations! A student asked:” What calculation should I do?” Another student asked: “What should I do now?”<sup>15</sup>

She noticed that her students had stopped developing the task, because they did not know how to make the calculations. Then, she asked the lecturer to help her make the decisions about what to do. The lecturer told Maria that she could have intervened and guided

---

<sup>14</sup> “Os alunos podem verificar o consumo de água em suas casas e na escola”.

<sup>15</sup> “Eles leram as questões, mas não responderam elas. Eu perguntei a eles por que não responderam as questões. Eles disseram que não sabiam como fazer. [...] Eles disseram que não sabiam como fazer os cálculos! Uma aluna perguntou: “Qual a conta que faço?” Outro aluno perguntou: “O que eu faço agora?”

her students during the development of the task. Thus she explained the first question on the white board.

“As I am teaching the 6th grade, and they were my students in the 5th grade, we can quite predict what is going to happen. And at that moment I was anxious because there had been no progress, I said to myself: “What will I do now?” And then there is the modeling and we become anxious: “Can we do the calculations now?” When it is the time to explain it to students we are in doubt of that. But after I talked to you, when you told me I could have really intervened, I could guide my actions. Because I thought that I should let them work and not intervene, to see what would happen. If they stopped I would stop too. But now I know I can intervene and I have already started teaching “volume” and “capacity”<sup>16</sup>.

In this first moment, Maria noticed that her students had not answered the questions, because they did not know how to make the calculations. Due to this situation, Maria was concerned with how to help her students. How to intervene? This situation presents a discontinuity in relation to the present discourses in the pedagogic practice: Should Maria intervene to help her students or not? In others words, as the students found difficulty insolving the modelling task, could Maria have explained the questions to them or not? In the modelling environment, what should one do? As in the modelling environment, the students are required to investigate and solve a problem, if they do not succeed in solving it, how can the teacher help the students? In her teaching, when students showed any kind of difficulty in the solving a question, Maria used to explain everything again. In the modelling environment, could Maria do that or not? What should Maria have done? This discontinuity between discourses constitutes a tension that was identified when Maria noticed that the students didn't solve the task, because they didn't know how to do it.

### *Moment 2: Students had difficulties in using the mathematical content*

By the end of the fifth class, after students had calculated the quantity of water used by the family, Maria asked them to calculate the value to be paid by the family. “So, what are you going to calculate now? Yes, the consumption!”<sup>17</sup> She was circulating around the groups when she noticed that the students had made calculations that had nothing to do with the subject that had been presented. Maria noticed that students did not know how to transform liters into cubic meters, and she commented on the impasse that happened by the end of the class:

<sup>16</sup> “Como eu estou ensinando à turma da 6ª série e ensinei a eles na 5ª série, então mais ou menos a gente prevê o que vai acontecer. E naquele momento me veio a apreensão, porque a maioria estacionou. E agora, eu vou fazer o quê? E a questão da modelagem, você fica apreensivo por isso: eu posso chegar e fazer as contas agora? Eu vou esclarecer isso a eles e a gente fica meio em dúvida. Mas, depois, aquele momento aqui com você, que você esclareceu que poderia intervir mesmo. Isso serve também para nortear as nossas ações. Porque, até então, eu achei o seguinte: tinha que deixar eles lá e não intervir e ver o que aconteceria. Se eles parassem, eu pararia. Mas, agora, eu sei que eu posso intervir e já comecei a ensinar o conteúdo, no caso volume e capacidade”.

<sup>17</sup> “Então, agora, o que vocês vão calcular? Sim, o consumo!”.



“In the end of the class, the last activity was to transform liters into cubic meters and no group of students could do that. So, in my opinion, that was the great impasse. As students could not transform liters into cubic meters, they could not see the table to check how much it should have been paid in the situations that had been presented in the board. [...] Students could not get there! So, in this activity, I noticed that it was necessary to review “volume and capacity”. Students had a deficit from the 5<sup>th</sup> grade and, because of that, they could not do the activity. I need to do this review”<sup>18</sup>.

In this second moment, Maria noticed that her students presented solutions to the problem that had nothing to do with it. They had difficulties to use mathematical content to solve the problem. Maria thought that her students would be able to the modelling task, because it required previous content that they had worked with in the previous grade. However, the students did not get to do the modelling task, because they did not know how to use these previous contents to solve it. How should one approach previous mathematical content in the modelling task? This situation shows the discontinuity between discourses that constitutes a tension.

#### 4.3 Modelling in Vitoria's pedagogic practice

Vitoria developed a modelling task entitled “The minimum wage and a family's cost of living” in a class (8<sup>th</sup> grade) of the lower secondary level, between August and November 2006. Typical class size was 20-25 students. She explained that she had used modelling in her pedagogic practice in order to make students learn mathematics: “Students understand how mathematical contents are applied in the daily life”<sup>19</sup>. She explained that the theme of the task had originated in the students' social context. She wanted to show her students that the minimum wage is not proportional to the cost of living. “This task has the goal of understanding the situation in our city. There are a lot of families living below the normal pattern and of cost of living”<sup>20</sup>.

<sup>18</sup> “Agora, no final da aula, a última tarefa, que era para transformar os litros que eles tinham encontrado em metros cúbicos, nenhuma equipe conseguiu fazer. Então esse, para mim, foi o grande impasse. Como eles não conseguiam transformar de litros para metros cúbicos, não tiveram como consultar a tabela e ver qual seria o montante a ser pago nas situações colocadas no quadro. [...] Eles não conseguiram chegar lá. Então, eu verifiquei, nesta atividade, que era necessário fazer um acompanhamento com eles sobre volume e capacidade. Eles ficaram com déficits na 5<sup>a</sup> série e por isso eles não conseguiram fazer a atividade. Eu preciso abordar o conteúdo de volume e capacidade”.

<sup>19</sup> “Os alunos aprenderem como os conteúdos matemáticos são aplicados na vida diária”.

<sup>20</sup> “Esta atividade tem por objetivo perceber que há em nossa cidade muitas famílias que vivem abaixo do padrão normal e do custo de vida”.

The modelling task was planned in a number of phases, such as discussing the theme, defining the families' expenses, getting information, establishing the products and quantities of a basic basket of goods, collecting data, making calculations and comparisons, elaborating tables. Each phase was accomplished in two weekly lessons, during eight weeks. She explained that she had sequenced the modelling task: "I brought that structure because I wanted to know how to conduct the lesson"<sup>21</sup>. Next, we will present an analysis of two moments from Vitoria's lessons.

*Moment 1: Students discussed the modelling task for a long time*

Vitoria began the fifth lesson by showing and explaining to students a worksheet on a basic basket of goods. She encouraged them to organize themselves into groups to work on the worksheet. Each group elaborated a basic basket of goods considering a family with four people (group 1); a family with six people (group 2) and a family with eight people (group 3) each family lived on a minimum wage. "You will notice what happens with a family of 4, 6, and 8 people that receives a minimum wage"<sup>22</sup>. When the groups were elaborating the basic basket of goods, Vitoria noticed that one of the groups was discussing about the amount of meat in the basic basket of goods. She was concerned about that discussion.

"They started to discuss in the groups about the quantities of the products they would have in the table. But in this discussion arose argument and disagreement among students, and this discussion came up to a proportion that I had not expected and it scared me. [...] In a group there was polemic because a student wasn't considering the minimum wage. She said that her family consumed 28 kg of meat monthly. She was only considering her reality. I explained to her that it should not be done, because the activity from the previous lesson had considered each family's wage. [...] Then I noticed that there had been more than 30 minutes of the lesson and the students were still discussing the quantities of the first items in the table. I was worried because I thought the lesson would end and they would not have finished this part. Trying to calm down the group, I went to the middle of the lesson and asked for everybody's attention. I explained to them that that activity should not be done according to the each one's reality, but yet, supposing that each of the three families only lived on a minimum wage. After

---

<sup>21</sup> "Eu trazia aquela estrutura para saber como conduzir a aula".

<sup>22</sup> "Vocês vão perceber o que acontece com uma família de 4, 6 e 8 pessoas que recebe um salário mínimo".

these explanations, students came to an agreement about the quantities and the activities were concluded during the class time”<sup>23</sup>.

One group did not consider the minimum wage to decide the quantities of the products of the basic basket. Due to this, there was disagreement among students and they discussed the amount of a product for a long time. As Vitoria planned to do the worksheet during the class time, she was concerned with the students' discussion.

In this first moment, Vitoria was concerned when her students discussed the modelling task for a long time during the lesson, because they had not agreed with the parameters of the situation and they had not come up with a single decision. Vitoria intended that her students would finish the modelling task during the lesson as usually happened in her pedagogic practice, but they discussed it for a long time. This situation shows two present discontinuous discourses in the pedagogic practice: the students would finish the modelling task during the lesson; and they discussed it for a long time. This discontinuity between discourses constitutes a tension that had been identified when Vitoria was concerned with how to deal with students' discussion in the modelling task.

#### *Moment 2: Students had difficulties to use a new mathematical content*

Vitoria was concerned with how to approach the mathematical content in a problem, to work with further new content. Vitoria argued that her students needed to have previous knowledge of the contents for the development of the modelling task. As she had taught “percentage” previously, they used this content to solve the problem. Vitoria tried to work with other content, because she wanted her students to solve the problem using these ideas.

“In a modelling task, if a different theme or content arises, I do not know how to work with it. How will I work with that content? How will I approach that theme with the students? I think that a

---

<sup>23</sup> “Eles começaram a discutir nos grupos as quantidades dos produtos que colocariam na tabela. Mas, a discussão do problema gerou polêmica e discordância entre os alunos, tomando proporções além do que eu esperava e esse fato me assustou. [...] Em um grupo, houve polêmica, porque uma aluna não estava considerando o salário mínimo. Ela colocou que a família consumia 28 kg de carne por mês. Ela estava considerando a realidade dela. Eu expliquei que não era para considerar o salário dela, porque a atividade da aula passada considerou o salário de cada um. Mas esta atividade considerou o salário mínimo. [...] Quando verifiquei que já se haviam passado quase 30 minutos da aula e os alunos ainda estavam discutindo as quantidades dos primeiros itens da tabela. Eu fiquei preocupada achando que chegaria o final da aula e eles não concluiriam nem essa parte da tabela. Na tentativa de acalmar a turma, fui até o centro da sala, pedi a atenção de todos e expliquei que aquela atividade não deveria ser feita com base na realidade de cada um, mas sim, supondo que cada das três famílias ganhassem apenas um salário mínimo. Após esses esclarecimentos, os grupos entraram em acordo em relação às quantidades e as atividades foram concluídas no período da aula”.

previous knowledge on them is necessary. That's why it was easy to work with percentage, and also rule of three, because I had already worked with students on these contents. [...] The problem is that they only worked with percentage. [...] I tried to work with graphs, but students do not know anything about graphs. I explained to students how to make a graph, but they told me: "We do not know what it is!" I tried to make a graph with expenses and percentage. [...] I wanted my students to use other contents to solve the questions. When I present a question to them, they use percentage. For any question that I make, they only give me the answers with percentage [...] Sometimes when it is time for discussion in class, there is the possibility to approach another subject, but students do not know anything about them"<sup>24</sup>.

Vitoria did not know how to work a new mathematical content during the modelling task, because her students had difficulties to use other mathematical content to solve the problem. Due to this situation, she did not know how to approach new mathematical content.

"I don't know what contents we will work with the modelling task. Students have many difficulties, as for example, with graphs. They do not know what a graph is. I wish I could work with graphs and other mathematical contents. I have worked until this moment with operations and percentage. I have difficulties in approaching other contents with students. I don't know how to work, because students do not know the other contents. I imagine this problem will request "function" and I think I will be able to work with it"<sup>25</sup>.

In this second moment, Vitoria noticed that her students had difficulties in using the mathematical content to solve the problem. She tried to work other content, but her students just used the previous content (percentage) to solve the problem. Vitoria knew how to approach previous mathematical contents in the modelling task, but she was not sure what she should do to approach new mathematical content, because her students had difficulties in using it. This situation shows two present discontinuous discourses in the pedagogic practice: the approach to the mathematical content before developing the modelling task; and the approach to the mathematical content during the modelling task. How to approach a new

<sup>24</sup> "Na atividade de modelagem, se um tema ou um conteúdo diferente surgir, eu não sei como trabalhar ele. Como é que eu vou trabalhar aquele conteúdo? Como é que eu vou trabalhar aquele tema com eles? Eu acho que eles têm que ter um conhecimento prévio. Por isso que foi fácil trabalhar com porcentagem e regra de três também, porque eu já tinha trabalhado com eles esses conteúdos. [...] O problema é que eles só trabalharam com porcentagem. [...] Eu tentei trabalhar com gráfico, mas eles não têm noção nenhuma de gráfico. Eu expliquei como fazer o gráfico, mas eles disseram: "Não sabemos o que é isso". Eu tentei fazer um gráfico colocando as despesas e a porcentagem. [...] Eu queria que eles usassem outros conteúdos para resolver as questões. Quando apresento uma questão, eles usam porcentagem. Qualquer questionamento que eu faço, eles fazem logo o cálculo de porcentagem e me dão a resposta. [...] Às vezes, quando estamos discutindo, há a possibilidade de abordar determinado conteúdo, mas só que eles não têm noção nenhuma".

<sup>25</sup> "Eu fico sem saber quais são os conteúdos que vamos trabalhar na atividade de modelagem. Eles têm muitas dificuldades com os conteúdos, por exemplo, gráficos. Eles não sabem nem o que é o gráfico. Eu queria trabalhar com gráficos e outros conteúdos matemáticos. Eu trabalhei até agora com as operações e porcentagem. Eu estou com dificuldades de trabalhar outros conteúdos. Eu estou sem saber como trabalhar, porque eles não têm conhecimento dos outros conteúdos. Eu imagino que o problema vai solicitar função e eu acho que vai dar também para trabalhar".

mathematical content in the modelling task? This discontinuity between discourses constitutes a tension that had been identified when she tried to approach new mathematical content in the modelling task.

## 5. Discussion

The objective of this paper is to identify and to discuss how tensions in discourses are constituted whilst teachers recontextualized mathematical modelling in their pedagogic practices. In the second section, we defined *tensions in discourses* as the discontinuity among legitimate discourses and a new discourse placed by the pedagogic discourse, when teachers decide what can be said in their pedagogic practice whilst they recontextualize mathematical modelling and how it can be said. This discontinuity is manifested in teachers' discourses through contradictions, cleavages and dilemmas which occur in specific moments of the pedagogic practice. In the previous section, we presented the following moments:

- Students showed different types of the basic baskets of goods;
- Students had difficulties in using the mathematical content;
- Students did not make the calculations, because they did not know what to do;
- Students discussed the modelling task for a long time;
- Students had difficulties to use new mathematical content

These moments showed discontinuities among existing discourses in the pedagogic practice and a new discourse – in this case the discourse of modelling – placed in it. These discontinuities constituted three tensions in discourses: *approach of students' answers*; *teacher's intervention*; *approach of the mathematical content*.

In relation to first tension, *approach of students' answers* was constituted in Boli's pedagogic practice, when two discourses were presented in the pedagogic practice: working with a type of basic basket of goods; and working with different types of basic basket of goods. These discourses are discontinuous, because there are characteristics of consolidated discourses and legitimated in the pedagogic practice and a new discourse brought to it. The discontinuity between the discourses constitutes this tension. As a result, he had to make a decision about what could be done and how it could be done when students showed different types of basic baskets.

In terms of Bernstein's theory, Boli kept the strong framing when he was introducing the modelling task and decided together with his students to work with a type of basic basket.

However, the students weakened the framing when they brought different types of basic baskets. This situation required changes of communicative interactions between teacher and students to approach the problem.

The second tension, *teacher's intervention*, was constituted in Maria and Vitoria's pedagogic practice, when two discourses were present. For Maria this tension was constituted when, in the first practice, she should intervene to help her students because they did not know how to do the modelling task and in the second one, she should not intervene but should wait for her students to solve it. The discontinuity between discourses constitutes this tension. In other words, what can be done and how it can be done when students did not solve the problem because they did not know what to do.

Regarding Bernstein's theory, Maria introduced a real problem into her pedagogic practice and the students did not solve the problem, because they did not understand the mathematical content that could have been used, that is, they were not able to produce a legitimate text for the development of the modelling task. In that situation, Maria wanted to know how she could have intervened to help her students. In relation to Vitoria, this tension was constituted when the following two discourses were present in the pedagogic practice: in the first one, the students should finish the modelling task during the lesson and in the second one, they discussed it for a long time. The discontinuity between discourses constitutes this tension. In terms of Bernstein's theory, Vitoria framed the modelling task in phases. However, the students' engagement had challenged the control in order to develop the modelling task.

The third tension, *approach of the mathematical content*, was constituted in all three teachers' pedagogic practices, when the students had difficulties in using previous mathematical content to solve the problem and they were not using other content to solve it. In other words, what can be done and how it can be done when the students were not able to solve the modelling task, because they had difficulties in using the (previous and new) mathematical content.

Regarding Bernstein's theory, the teachers introduced real problems in their lessons and the students had difficulties to solve the problems, because they did not understand the mathematical content might have been used, that is, they were not able to produce a legitimate text for the development of the modelling task. Due to that situation, the teachers wanted to know how to approach the mathematical content in the modelling task.

The process whereby the tensions in discourses were constituted can be interpreted in terms of change in the values of classification and framing in the teachers' pedagogic practices

when they have recontextualized the mathematical modelling. In the first tension in discourse, the students challenged the control concerning the communication in relation to selection of a type of basic basket of goods. The teacher Boli decided to work with a specific type of basic basket of goods, but his students came up with different types of them. In a similar way, in the second tension in discourse, the students challenged the control about the communication in relation to the pacing of the modelling task. Teacher Vitoria planned to work with worksheet about basic basket of goods with her students for a certain time, but they discussed it for a long time. In the third tension in discourse, the students did not produce a legitimate text to solve the modelling task. Therefore, a modelling task changes the modes of communicative interactions in classroom. Thus *tensions in discourses* were constituted through the discontinuity among legitimated and established discourses in the pedagogic practice and the discourse on modelling. As a result, the recontextualization of modelling in the pedagogic practice can change what can be said (classification) and how it is said (framing) in mathematics lessons.

Morgan, Tsatsaroni and Lerman (2002) identified tensions between discourses of mathematical investigation and discourses of assessment in terms of the contradictions in relation to different modes of pedagogic practice. In our study, *tensions in discourses* occurred amongst discourses on mathematical modelling and established discourses in the pedagogic practice in terms of the contradictions in relation to different modes of communicative interactions between teachers and students. As a consequence, *tensions in discourses* can be interpreted as a way to understand how teachers can develop actions, strategies and pedagogical knowledge to deal with the discontinuity among discourses whilst accomplishing modelling in their classrooms.

Doerr (2007) pointed out teachers' pedagogical knowledge in terms of offering useful representations of students' ideas, hearing unexpected approaches, listening to anticipated ambiguities and supporting students in making connections with other representations. These results may be taken to mean that promoting modelling in the classroom might provoke some change in the communicative interactions in the pedagogic practice. Thus mathematical modelling provokes a change in the values of classification and framing, because it required change in control over the principles of communication in relation to selection, sequencing, pacing and criteria.

## 6. Conclusions and implications

The results of this analysis suggest three tensions in discourses that were constituted when discontinuities occurred among legitimate discourses and a new discourse placed in the pedagogic discourse whilst teachers recontextualized modelling in their pedagogic practices: *approach of students' different solutions; teacher's intervention; approach of the mathematical content*. The constitution of tensions in teachers' discourses refers to the discontinuity among established discourses in the pedagogic practice and discourse on mathematical modelling. This discontinuity that constituted tensions in discourses are manifested in the teachers' discourses through contradictions, cleavages and dilemmas which occur in specific moments in the pedagogic practice and changed the modes of communicative interactions in classroom.

We have noticed that teachers had manifested tensions in discourses when two discourses diverged: one referring to the planning of modelling task and the other referring to what actually happens in the classroom. In particular, they have decided how to approach the (previous and new) mathematical content, how to approach students' answers and how to intervene when students have difficulties to carry out the modelling task and how to deal with the students' involvement. In this way, tensions in discourses can contribute to teachers' professional development, because to deal with them they carry out actions, use strategies and produce pedagogical knowledge in the accomplishment of a new pedagogic practice in their classrooms. Zevenbergen and Lerman (2007) examined tensions in practice when teachers used whiteboards and they pointed out that the tensions can be identified as a possibility for teacher development.

In our study, we noticed that the teachers asked the lecturer for help when they experienced tensions in discourses in their pedagogic practices. Thus, the collaboration between school teachers and academic teachers in the moment of practice changes can support them in dealing with tensions in discourses. Teaching mathematics through modelling provides challenges for teachers and students in relation to communicative interactions in the classroom. When teachers bring problems coming from daily or other disciplines' situations to classrooms, it demands specific actions, strategies, and pedagogical knowledge (Chapman, 2007, Doerr, 2006, 2007), as well as *tensions in discourses* requiring more investigation to understand the dynamic of this process. The results described in this paper suggest that tensions in discourses should become an important part of teacher education programs to



support teachers accomplish modelling in their classrooms. Therefore, it is important that teacher education programs in mathematical modelling work with teachers on what tensions are, in which situations they are constituted, and how the teachers can deal with them in their pedagogic practices.

## 7. Acknowledgments

We would like to express our gratitude to the teachers who took part in this study. Our thanks to Antonio Vicente Marafioti Garnica, André Luís Mattedi Dias, Charbel Niño El-Hani, Dario Fiorentini, Robinson Moreira Tenório and Lulu Healy for their valuable comments and suggestions on an earlier version of this paper. We would also like to thank FAPESB (State Foundation of Support to Research in Bahia) for supporting research with grants (BOL 1786/2006 and APR0059/2007).

## 8. References

- Antonius et al. (2007). Classroom activities and the teacher. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 295-308). New York: Springer.
- Barbosa, J. C. (2003). What is Mathematical Modelling? In S. Lamon, W. Parker, & S. Houston (Eds.), *Mathematical Modelling: a way of life ICTMA 11* (pp. 227-234). Chichester, England: Horwood Publishing.
- Barbosa, J. C. (2006). Mathematical modelling in classroom: a critical and discursive perspective. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 38 (3), 293-301.
- Bernstein, B. (1990). *Class, Codes and Control, volume IV: the structuring of pedagogic discourse*. London: Routledge.
- Bernstein, B. (2000). *Pedagogy, symbolic control and identify: theory, research, critique*. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers.
- Blomhøj, M., & Kjeldsen, T. H. (2006). Teaching mathematical modelling through project work. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 38 (2), 163-177.
- Blum, W., & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects: state, trends and issues in mathematical instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22 (1), 37-68.
- Blum, et al. (2002). ICMI Study 14: applications and modelling in mathematics education – discussion document. *Educational Studies in Mathematics*, 51 (1-2), 149-171.
- Blum, W., Galbraith, P., Henn, H., & Niss, M. (2007). *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study*. New York: Springer.
- Carrejo, D., & Marshall, J. (2007). What is mathematical modelling? Exploring prospective teachers' use of experiments to connect mathematics to the study of motion. *Mathematics Education Research Journal*, 19 (1), 45-76.

- Chapman, O. (2007). Mathematical modelling in high school mathematics: teachers' thinking and practice. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 325-332). New York: Springer.
- Charmaz, K. (2006). *Constructing Grounded Theory: a practical guide through qualitative analysis*. Thousand Oaks: Sage.
- Denzin, N., & Lincoln, Y. (2005). Introduction: the discipline and practice of qualitative research. In N. Denzin, & Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (3rd ed.) (pp. 1-32). Thousand Oaks: Sage.
- Doerr, H. M. (2006). Examining the tasks of teaching when using students' mathematical thinking. *Educational Studies in Mathematics*, 62, 3–24.
- Doerr, H. M. (2007). What Knowledge do teachers need for teaching mathematics through applications and modelling? In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 69-78). New York: Springer.
- Doerr, H. M., & English, L. D. (2006). Middle grade teachers' learning through students' engagement with modelling tasks. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9, 5–32.
- Evans, J., Morgan, C., & Tsatsaroni, A. (2006). Discursive positioning and emotion in school mathematics practices. *Educational Studies in Mathematics*, 63 (2), 209-226.
- Ikeda, T. (2007). Possibilities for, and obstacles to teaching applications and modelling in the lower secondary levels. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 457-462). New York: Springer.
- Kaiser, G., & Maaß, K. (2007). Modelling in lower secondary mathematics classroom – problems and opportunities. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 99-108). New York: Springer.
- Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 38 (3), 302-310.
- Leiß, D. (2005). Teacher intervention versus self-regulated learning? *Teaching Mathematics and its Applications*, 24 (2-3), 75-89.
- Lerman, S., & Zevenbergen, R. (2004). The socio-political context of the mathematics classroom: using Bernstein's theoretical framework to understand classroom communications. In P. Valero, & R. Zevenbergen (Eds.), *Researching the socio-political dimensions of mathematics education: issues of Power in theory and methodology* (pp. 27-42). Dordrecht: Kluwer.
- Lingefjård, T. (2006). Faces of mathematical modelling. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 38 (2), 96-112.
- Lingefjård, T. (2007). Modelling in teacher education. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 475-482). New York: Springer.
- Michelsen, C. (2006). Functions: a modelling tool in mathematics and science. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 38 (3), 269-280.
- Morgan, C., Tsatsaroni, A., & Lerman, S. (2002). Mathematics teachers' positions and practices in discourses of assessment. *British Journal of Sociology of Education*, 23 (3), 443-459.

- 
- Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. L. (2007). Introduction. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 3-32). New York: Springer.
- Skovsmose, O. (2001). Landscapes of investigation. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 33 (4), 123-132.
- Skovsmose, O. (2005). *Travelling through Education: uncertainty, mathematics, responsibility*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Wave, G., & Hardy, G. (2007). Mathematics in the physical sciences: multiple perspectives. In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), *Mathematical Modelling (ICTMA12): education, engineering and economics* (pp. 250-259). Chichester, England: Horwood Publishing.
- Zevenbergen, R., & Lerman, S. (2007). Pedagogy and interactive whiteboards: using an activity theory approach to understand tensions in practice. In J. Watson, & K. Beswick (Eds.), *Mathematics: Essential Research, Essential Practice, Proceedings of the 30th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (v. 2, pp. 853-862). Canberra: MERGA.

## **ARTIGO 2**

### **MODELAGEM MATEMÁTICA E SITUAÇÕES DE TENSÃO NA PRÁTICA PEDAGÓGICA DOS PROFESSORES**

# MODELAGEM MATEMÁTICA E SITUAÇÕES DE TENSÃO NA PRÁTICA PEDAGÓGICA DOS PROFESSORES<sup>1</sup>

## MATHEMATICAL MODELLING AND SITUATIONS OF TENSION IN TEACHERS' PEDAGOGIC PRACTICE

### Resumo

Neste artigo, nosso objetivo é apresentar e analisar as situações de tensão quando três professores desenvolveram suas primeiras experiências com modelagem matemática em suas práticas pedagógicas. Para analisar as situações de tensão, utilizamos a categoria teórica *tensões nos discursos* inspirada nos conceitos da teoria de Bernstein. Os dados referentes à pesquisa qualitativa foram coletados por meio de observações, entrevistas e documentos. Os resultados apontam as seguintes situações de tensão que geraram *tensões nos discursos*: *envolvimento dos alunos na discussão do tema, planejamento do ambiente de modelagem, organização dos alunos para realizar as atividades, apresentação das respostas dos alunos*. As situações de tensão e as tensões são resultado das discontinuidades entre os discursos já presentes na prática pedagógica e o discurso sobre modelagem.

Palavras-chave: Modelagem matemática; Professores; Tensões nos discursos.

### Abstract

In this paper, our aim is to present and to analyze the situations of tension when three teachers developed mathematical modelling for the first time in their pedagogic practices. To analyse the situations of tension, we used a theoretical category *tension in discourses* based on concepts of Bernstein's theory. The data regarding the qualitative research were collected through observations, interviews and documents. The results point out the following situations of tension that generated tensions in discourses: *students' involvement in the discussion of the theme, planning of the modelling environment, the students' organization to accomplish activities and presentation of students' answers*. The situations of tension and tensions in discourses are the result of the discontinuities among the present discourses in the pedagogic practice and the discourse on modelling.

**Key words:** Mathematical modelling; Teachers; Tensions in discourses.

---

<sup>1</sup> Este artigo origina-se do projeto de pesquisa *Modelagem matemática, professores e suas tensões*, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) (Processos BOL 1786/2006 e APR0059/2007) no âmbito do Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana (UFBA/UEFS).

## Modelagem matemática na Educação Matemática

A discussão sobre a inserção de problemas oriundos de outras áreas do conhecimento, como, por exemplo, Biologia, Física, Química ou do dia a dia, no contexto escolar e, especificamente, nas aulas de Matemática, tem sido enfatizada na literatura (ALMEIDA; DIAS, 2004; BARBOSA; CALDEIRA; ARAÚJO, 2007; BLUM et al., 2007) e em documentos oficiais (BRASIL, 2002, 2006). A abordagem desses problemas por meio da matemática é denominada, na Educação Matemática, modelagem matemática<sup>2</sup> (BASSANEZI, 2002; BORBA; VILLARREAL, 2005; BARBOSA, 2006, 2007; CARREJO; MARSHALL, 2007; BLUM et al., 2007). Os autores dessas pesquisas argumentam que a utilização da modelagem nas aulas de Matemática possibilita aos alunos compreenderem os problemas provenientes do cotidiano e das diversas áreas do conhecimento e investigarem como os modelos matemáticos são utilizados na sociedade e nas ciências e como a matemática é usada na tomada de decisões (SKOVSMOSE, 2007). Designamos como *modelos matemáticos* “aqueles que empregam símbolos matemáticos, sejam tabelas, gráficos, equações, inequações, etc., ou, em outras palavras, empregam conceitos, notações e/ou procedimentos matemáticos” (BARBOSA, 2009, p. 70).

Barbosa (2003, 2006, 2007) define modelagem, em termos específicos, como um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou a investigar problemas provenientes de outras áreas do conhecimento ou do dia a dia, usando a matemática. A noção de *ambiente de aprendizagem*, discutida por Skovsmose (2000), diz respeito às condições propiciadas aos alunos para a realização de atividades. Barbosa (2007) caracteriza o ambiente de modelagem nos seguintes termos: ter uma situação que é um problema para os alunos e o problema ser oriundo do cotidiano ou de outras áreas do conhecimento, sem ser a matemática.

Barbosa (2003, 2006) apresentou uma sistematização da organização do ambiente de modelagem, a qual denominou de *casos 1, 2 e 3*, apresentando três modalidades. Esses *casos* são as possibilidades de operacionalização da modelagem na sala de aula. No *caso 1*, o professor apresenta um problema com dados quantitativos e qualitativos, cabendo aos alunos resolvê-lo. Por sua vez, no *caso 2*, o professor apresenta o problema e os alunos coletam os dados para resolvê-lo. Finalmente, no *caso 3*, os alunos formulam o(s) problema (s), coletam

---

<sup>2</sup> No decorrer do artigo, com a intenção de evitar repetições textuais, utilizamos apenas modelagem para nos referir à modelagem matemática.

dados e os resolvem. Em vista disto, em cada caso, ocorre uma divisão de responsabilidades entre professores e alunos, bem como uma diferença no tempo de realização.

Apesar do crescimento das pesquisas sobre modelagem (SILVEIRA, 2007), a literatura tem apresentado evidências de que ela ainda não faz parte da prática pedagógica<sup>3</sup> dos professores (NISS; BLUM; GALBRAITH, 2007; BARBOSA; CALDEIRA; ARAÚJO, 2007). A presença da modelagem na escola representa desafios para os professores, pois as aulas de Matemática apresentam uma dinâmica diferente, já que acontecerão diversos caminhos propostos pelos alunos para a resolução do problema. Com isso, não há a previsibilidade do que ocorrerá nas aulas na utilização deste ambiente de aprendizagem movendo os professores para uma *zona de risco*.

A noção de *zona de risco* foi discutida por Penteado (2001) no estudo das experiências de professores na implementação de computadores nas aulas e diz respeito a imprevisibilidade relacionada a utilização de um novo ambiente de aprendizagem na prática pedagógica do professor. Com relação à modelagem, a organização e a condução de uma atividade de natureza aberta, para qual não há estratégias *a priori* a serem seguidas para a resolução de problemas provenientes do dia a dia ou de outras áreas do conhecimento, pode mover o professor para uma zona de risco quando ele usa modelagem nas aulas. Além disso, a implementação da modelagem depende das condições sociais da escola, da experiência e da decisão do professor em integrá-la em suas aulas (BARBOSA, 2001).

Estudos empíricos indicam dilemas, inseguranças e incertezas que professores têm manifestado na implementação da modelagem nas aulas, tais como dilemas relacionados à compreensão das fases do processo de modelagem<sup>4</sup>, como considerá-las separadamente ou conjuntamente no desenvolvimento dos projetos; a compreensão do objetivo da modelagem, como um objetivo educacional em si ou para os alunos aprenderem matemática (BLOMHOJ; KJELDSEN, 2006); inseguranças em relação à tomada de decisões na organização e condução da modelagem em sala de aula (OLIVEIRA; BARBOSA, 2007a); incertezas em relação à maneira como os professores podem proceder diante das soluções dos alunos na resolução dos problemas (DOERR; ENGLISH, 2006). Essas ações dos professores podem ser

---

<sup>3</sup> Bernstein (2000) define *prática pedagógica* como as relações que ocorrem em um determinado contexto social para a reprodução e a produção de cultura. A prática pedagógica, no âmbito do contexto escolar, é o *locus* onde ocorre as relações entre professor e alunos para ensinar e aprender determinados conteúdos.

<sup>4</sup> Os autores caracterizam o processo de modelagem em fases denominadas de *ciclo de modelagem*. Essas fases são a compreensão do problema, a simplificação/ estruturação do problema, a matematização/ e a construção do modelo, a resolução, a interpretação dos resultados, a validação dos resultados e a apresentação dos resultados (BORROMEO FERRI, 2006).

entendidas como alterações nas práticas pedagógicas diante da implementação da modelagem nas aulas.

Na próxima seção, inspiramo-nos em conceitos da teoria de Bernstein (2000) para discutirmos a relação dos professores com a modelagem em suas práticas pedagógicas e apresentaremos uma categoria teórica, *tensões nos discursos*, que possibilitará discutir o objetivo do artigo. Na terceira seção, são apresentados o contexto da pesquisa e a metodologia. Na quarta seção, identificamos as situações de tensão em que ocorreram as *tensões nos discursos* nas práticas pedagógicas dos professores. Na quinta seção, analisamos as situações de tensão buscando compreendê-las e discuti-las à luz da literatura e da teoria de Bernstein (2000). Por fim, na sexta seção, traremos as considerações finais do artigo, apontando implicações para pesquisa, programas de formação de professores e prática pedagógica.

### **Modelagem matemática e *tensões nos discursos* dos professores**

Bernstein (2000) utiliza dois conceitos que traduzem relações de poder e de controle para analisar os princípios de comunicação na prática pedagógica: *classificação* e *enquadramento*<sup>5</sup>. Para as relações entre categorias, por exemplo, sujeitos (professores, alunos), discursos (disciplinares, interdisciplinares), práticas (tradicional, não tradicional), Bernstein (2000) usa o conceito de *classificação*, que se refere ao conteúdo da comunicação na categoria, representado por *o que pode ser dito*. Para as formas de comunicação legítima na prática pedagógica, as quais permitem determinar *como algo pode ser dito*, o autor utiliza o termo *enquadramento*. Assim, o *enquadramento* refere-se ao controle sobre a seleção, sequenciamento, ritmo e critérios da comunicação para a produção do texto<sup>6</sup> legítimo em um contexto social. No estudo de Doerr e English (2006), uma professora manifestou incerteza em relação às estratégias que os alunos utilizariam para resolver os problemas, pois não teve certeza quanto à maneira como os alunos solucionariam os problemas. Em termos bernsteinianos, ela não teve clareza em relação à seleção, à sequência e ao controle da comunicação na abordagem das resoluções dos alunos no ambiente da modelagem em sua prática pedagógica.

<sup>5</sup> A palavra *framing* é traduzida, no artigo de Santos (2003), como “enquadramento”. Assim, usaremos esta tradução da autora durante o artigo.

<sup>6</sup> O *texto* é “a forma da relação social feita visível, palpável, material” (BERNSTEIN, 1990, p. 17).



Em um ambiente de modelagem, o professor pode não ter muita clareza sobre o controle da comunicação em termos de seleção, sequência, ritmo e critérios da comunicação na prática pedagógica, pois não há previsibilidade do que ocorre na abordagem de situações-problema provenientes do dia a dia ou de outras disciplinas. Além disso, poderão ocorrer diversos caminhos apresentados pelos alunos para a resolução do problema, resistências dos alunos para participar das atividades (OLIVEIRA; BARBOSA; SANTANA, 2009), perguntas inesperadas propostas pelos alunos, podendo-os colocar em uma zona de risco (PENTEADO, 2001).

A noção de *discurso pedagógico* é apresentada por Bernstein (2000) para denotar um princípio que seleciona discursos e os recoloca em relação a outros discursos já estabelecidos na prática pedagógica. Assim, quando modelagem é trazida para a sala de aula pelo professor, o discurso pedagógico age em termos da seleção e da organização sobre o que mover e como mover em termos dos discursos já consolidados na prática pedagógica. Bernstein (1990, 2000) apresenta o conceito de *recontextualização pedagógica* para se referir ao processo em que um discurso é movido de uma posição para outra. O autor explica que o discurso pedagógico “não pode ser identificado com os discursos que ele transmite” (p. 32), pois ele é um princípio de recontextualização, pelo qual discursos são apropriados, posicionados e postos em uma relação entre si de acordo com as regras construídas socialmente na prática pedagógica. Assim, o discurso<sup>7</sup> como texto é diferente do discurso pedagógico, que é um princípio.

Bernstein (2000) distingue três campos para explicar como ocorre a construção e reprodução do discurso pedagógico: o *campo de produção*, em que novos discursos são construídos; o *campo de recontextualização*, responsável por apropriar discursos do campo de produção e transformá-los em discurso pedagógico e o *campo de reprodução*, no qual ocorre a prática pedagógica nas escolas. As disciplinas escolares, por exemplo, Matemática, Química, Biologia, Física, são discursos recontextualizados, pois foram movidos, por recontextualização, do campo de produção para o campo de recontextualização e, em seguida, para a prática pedagógica. Portanto, quando modelagem é posicionada pelo discurso pedagógico, no caso, o da matemática, o propósito é que ele opere na seleção e organização da modelagem, atendendo às regras já consolidadas na prática pedagógica. Essas regras presentes são construídas socialmente e controlam a maneira como um discurso é posicionado

---

<sup>7</sup> Por discurso, entendemos como um texto, produzido oralmente ou por escrito, pelo indivíduo que pertence a um determinado contexto social.

na prática pedagógica. Assim, a relação dos professores com modelagem pode ser vista em termos de como eles a recontextualizam nestas regras.

Apesar de os professores apresentarem interesse na utilização da modelagem em suas aulas, a presença ainda tem sido pontual nas práticas pedagógicas (NISS; BLUM; GALBRAITH, 2007). Os professores argumentam que a modelagem pode contribuir para o desenvolvimento da capacidade dos alunos para resolver problemas do dia a dia e viabilizar a aprendizagem da matemática (BARBOSA, 2004). Entretanto, pesquisas evidenciam também os motivos apresentados pelos professores para não a utilizarem em suas práticas pedagógicas: falta de clareza sobre a organização e condução das atividades em sala de aula; dúvidas sobre os conhecimentos necessários para conduzi-la; os programas pré-estabelecidos (BARBOSA, 2004); a organização da escola e suas rotinas estabelecidas e a relação com os demais pares (BARBOSA, 2002); e insegurança em relação à tomada de decisões na operacionalização da modelagem em sala de aula (OLIVEIRA; BARBOSA, 2007a).

Blomhøj e Kjeldsen (2006) apontam dilemas que professores experimentaram quando desenvolveram trabalhos de projetos em modelagem em suas aulas. Os dilemas a que os autores se referem dizem respeito à compreensão das fases do processo de modelagem, considerando-as de maneira separada ou de maneira global no desenvolvimento dos projetos; ao entendimento do objetivo da modelagem, se trata de um objetivo educacional em si ou se visa motivar e apoiar a aprendizagem dos alunos em matemática; e à condução do trabalho, não sabendo se direcionam os alunos, principalmente nas fases iniciais do processo de modelagem, ou se os estimulam para que eles participem ativamente durante as fases do processo de modelagem e resolvam autonomamente o problema. Neste estudo, em termos da teoria de Bernstein (2000), a presença da modelagem na prática pedagógica constituiu dilemas para os professores, em virtude do processo de seleção e organização do que mover do discurso sobre modelagem e como posicioná-los nos discursos já presentes na prática pedagógica, operado pelo discurso pedagógico.

Oliveira e Barbosa (2007a, 2007b) propõem a noção de tensão, relacionando-a às preocupações, às inseguranças e aos dilemas constituídos nos discursos dos professores na implementação da modelagem em suas aulas. Nesses estudos, os professores apresentaram incertezas em relação à condução do ambiente de modelagem: como questionar os alunos, como decidir a estratégia que poderia ser utilizada e como envolver os alunos. Os resultados mostram evidências de que o discurso sobre modelagem apresentou uma descontinuidade em

relação aos discursos já posicionados na prática pedagógica, alterando os princípios comunicativos, ou seja, o que pode ser dito e como pode ser dito em sala de aula.

Diante disso, o que acontece quando o professor recontextualiza a modelagem matemática em sua prática pedagógica? Quais ações os professores desenvolvem para posicionar modelagem no contexto escolar? Quais formas de comunicação são utilizadas na recontextualização da modelagem nas práticas pedagógicas dos professores?

A expressão *tensões nos discursos* refere-se a uma categoria teórica utilizada para entendermos as ações dos professores quando eles recontextualizam a modelagem em suas práticas pedagógicas. As *tensões nos discursos* são manifestadas pelas contradições, rupturas e dilemas constituídos por conta do espaço – o qual Bernstein (2000) denomina *isolamento* – que separa as categorias, no caso, os discursos já constituídos socialmente e historicamente na prática pedagógica, e outro discurso vindo de fora, no caso, o discurso sobre modelagem, quando ele é posicionado pelo discurso pedagógico, apresentando, assim, uma descontinuidade entre eles. De acordo com Bernstein (2000), “o princípio de classificação cria ordem, e as contradições, rupturas e dilemas que necessariamente são inerentes ao princípio de classificação são suprimidas pelo isolamento” (p. 7). Assim, as *tensões nos discursos* são resultado da descontinuidade entre discursos presentes na prática pedagógica e algum discurso trazido para ela, sendo identificadas nos discursos dos professores quando decidem *o que pode ser dito e como pode ser dito* em suas práticas pedagógicas. Em vista disso, os momentos específicos na prática pedagógica nos quais se manifestam as *tensões nos discursos* são denominados de *situações de tensão*. Essas situações de tensão são os *lócus* no qual elas são constituídas.

Este artigo faz parte de uma pesquisa sobre as *tensões nos discursos* manifestadas pelos professores quando recontextualizaram modelagem em suas práticas pedagógicas. Assim, delimitamos o foco do artigo à seguinte questão: *Em que situações os professores manifestam tensões nos discursos na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas?*

Portanto, pesquisas que analisem as maneiras como professores integram modelagem em suas salas de aulas podem servir de parâmetro para compreender teoricamente suas ações e estratégias, contribuindo para orientar os processos de formação de professores em modelagem matemática e para apoiar professores na implementação em suas práticas pedagógicas.

## O contexto e a metodologia da pesquisa

Os participantes da pesquisa foram três professores, denominados *Boli*, *Maria* e *Vitória*, pseudônimos escolhidos por eles, que implementaram modelagem pela primeira vez em turmas do ensino fundamental. Eles têm mais de 14 anos de experiência na docência. Boli e Vitória lecionavam em escola pública e particular (no caso de Boli) na cidade de Conceição do Jacuípe, na Bahia. Maria lecionava em escola pública na cidade de Coração de Maria, na Bahia.

Em 2006, período da coleta de dados, eles estavam concluindo o curso de Licenciatura em Matemática, no Programa de Formação de Professores de 5<sup>a</sup> à 8<sup>a</sup> séries do Ensino Fundamental e do Ensino Médio – Modalidade Presencial, na Universidade Estadual de Feira de Santana. Esse programa foi destinado a professores que lecionavam na rede pública, mas não possuíam formação específica na área de atuação, sendo, na prática, uma formação em serviço, já que os professores exerciam a docência nas escolas. Boli, Maria e Vitória<sup>8</sup> tiveram contato com a modelagem durante o curso, nas disciplinas Metodologia e Estágio Supervisionado II e III.

Em Metodologia e Estágio Supervisionado II, os alunos escolheram um tema não matemático, formularam problemas e o investigaram usando a matemática. Em Metodologia e Estágio Supervisionado III, eles planejaram e implementaram o ambiente de modelagem em suas práticas pedagógicas, período em que a primeira autora realizou a coleta dos dados para a pesquisa, da qual o presente artigo se origina, ocupando parte das aulas de Matemática na semana (das quatro aulas semanais, duas foram destinadas a trabalhar com modelagem), já que nas demais aulas eles cumpriram os conteúdos programáticos.

A pesquisa realizada foi de natureza qualitativa (DENZIN; LINCOLN, 2005), pois a intenção foi identificar, descrever e discutir as situações de tensão em que professores manifestaram *tensões nos discursos* na implementação da modelagem. Assim, a prática pedagógica dos professores foi analisada em função das relações entre sujeitos (professores e alunos) e discursos (os presentes na prática pedagógica e discurso sobre modelagem). Cada professor foi filmado durante as aulas das primeiras experiências com modelagem. Além das filmagens, foram feitas gravações das vozes dos professores para capturar as vozes não registradas pelas filmagens. Após cada aula, foram realizadas entrevistas semiestruturadas,

---

<sup>8</sup> Os três professores foram alunos da primeira autora nas disciplinas Metodologia e Estágio Supervisionado I, II e III. No decorrer do artigo, quando aparece nos dados referência a professora, está referindo-se a primeira autora.

nas quais os professores falaram sobre a implementação do ambiente de modelagem nas aulas, bem como narrativas de cada aula foram escritas pelos professores. Assim, os materiais empíricos foram constituídos pelas transcrições das filmagens, das gravações das vozes do professores nas aulas e nas entrevistas, assim como pelas narrativas.

Bernstein (2000) sustenta que os dados empíricos e a teoria devem formar uma relação dinâmica, na qual acontece uma articulação entre dados e teoria para descrever o fenômeno. Para analisar os dados, tomamos inspiração nos procedimentos analíticos de análise de dados da *grounded theory* (CHARMAZ, 2006), no que se refere à elaboração de códigos e categorias para os trechos selecionados dos dados transcritos.

A análise dos dados coletados ocorreu em três fases: a primeira envolveu a leitura dos materiais empíricos de cada professor e a identificação de trechos que se relacionavam ao objetivo do artigo. Na segunda fase, ocorreu a leitura, linha por linha, dos trechos e sua codificação. Esses códigos representaram as situações em que se constituíram as *tensões nos discursos* de cada professor. Em seguida, os códigos das situações de tensão foram comparados e agrupados em categorias mais gerais. Para as categorias gerais, foi escrita uma análise preliminar para as situações de tensão. Na terceira fase, essas situações foram analisadas à luz da literatura e da teoria de Bernstein (2000) com a intenção de compreendê-las e discuti-las.

### **As situações de tensão na implementação da modelagem**

Nesta seção, apresentamos as situações em que ocorreram *tensões nos discursos* quando os professores implementaram a modelagem em suas práticas pedagógicas em termos do que pode ser dito e como pode ser dito. Assim, discutiremos as seguintes situações de tensão: *envolvimento dos alunos na discussão do tema, planejamento do ambiente de modelagem, organização dos alunos para realizar as atividades e apresentação das respostas dos alunos*. Essas situações de tensão estão relacionadas às seguintes *tensões nos discursos*: *tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica, tensão da escolha do tema, tensão da participação<sup>9</sup> dos alunos, tensão da abordagem das respostas dos alunos e tensão da interação com os alunos*.

---

<sup>9</sup> A palavra *participação* será utilizada para se referir ao envolvimento e engajamento dos alunos no ambiente de modelagem.

Para discutir o objetivo do artigo, selecionamos trechos referentes às duas primeiras aulas de cada professor. Nessas aulas, os professores apresentaram e discutiram o tema com os alunos e os organizaram em grupos para desenvolverem as atividades. Esses trechos são referentes às transcrições das observações realizadas por meio das filmagens e das gravações das vozes do professores nas aulas e nas entrevistas.

### ***Professor Boli***

Boli desenvolveu o ambiente de modelagem em duas turmas de 8ª série do ensino fundamental, durante dezesseis aulas (cada aula tem duração de 50 minutos) em cada turma, no período de agosto a outubro de 2006, com o tema *cesta básica*. A escolha do tema teve relação com o contexto social da turma, como foi explicado por Boli:

Bem, quando você [a professora] veio aqui na escola, eu estava sem nenhuma ideia. Mas, aqueles questionamentos que você foi fazendo, foi surgindo a ideia, pois naquele momento eu não sabia o que era para fazer. Aí, eu falei que tinha aquela preocupação com os alunos: alunos que ficam esperando a merenda tanto no matutino, como no noturno. [...] Aí, surgiu a ideia de fazer sobre alimentação, mas minha preocupação era se os pais desses alunos tinham condição ou não, se eles recebiam salário ou não. Aqui a gente sabia que tinha merenda e em casa o que é que eles tinham para comer? Aí, surgiu aquela ideia de falar sobre o salário mínimo com as despesas que tinham numa casa em relação ao salário mínimo. Se algumas famílias recebiam o salário, porque tem algumas que nem recebem. Então, baseado nisso que a gente criou este projeto: Como o salário mínimo custeia uma família em Conceição do Jacuípe?

No planejamento do ambiente de modelagem, Boli esquematizou a seguinte sequência de atividades: apresentação do tema e do problema; discussão do significado de uma cesta básica, elaboração de uma cesta básica juntamente com os alunos, formação de grupos, entrega de um formulário para os grupos fazerem a pesquisa de preços dos produtos da cesta básica nos mercados, discussão dos preços das cestas elaboradas e comparação com a cesta básica proposta pelo governo. Boli comentou sua preocupação em planejar o que faria em cada aula para orientá-lo nas aulas:

Nós temos que planejar o que vamos fazer. Minha preocupação era com o planejamento do que eu ia fazer na sala de aula. [...] Quando eu estou fazendo esse trabalho é sempre bom ter em mãos o que vamos fazer para não ficar perdido. Eu anoto o que vou fazer mesmo que não aconteça que deixe para outro dia, para o próximo encontro. Eu gosto de estar com tudo anotado.

Para Boli, “modelagem é você trabalhar atividades com os alunos, nas quais os alunos possam participar, dar suas ideias também, fazer descobertas. Com isso, eles aprendem e eu aprendi com eles. Essas descobertas são mediadas pela matemática”. Boli caracterizou a modelagem como o trabalho com atividades para os alunos aprenderem matemática. “A atividade de modelagem é algo diferente, porque os conteúdos vão surgindo a partir do que vamos trabalhando”.

Na apresentação do tema e do problema, Boli discutiu algumas questões sobre o salário mínimo e a cesta básica com os alunos: “Qual o valor do salário mínimo? Quais as despesas que se têm em uma casa? Será que o salário mínimo custeia a cesta básica? O que é uma cesta básica?” Os alunos começaram a participar ativamente respondendo as questões. Dentre as respostas: “Não tem tudo o que a gente precisa”. “Faltam algumas coisas”. Como os alunos falavam ao mesmo tempo, Boli solicitou que eles falassem cada um de uma vez para poder ouvi-los e registrar as suas falas: “Calma pessoal! Fala cada um de uma vez, para podermos ouvir”.

Neste momento, ele solicitou à professora que participasse da aula, propondo alguma questão aos alunos. A professora indagou o que era básico para eles. Um aluno respondeu que “são coisas que não devem faltar numa casa, ou seja, os produtos mais importantes”. Outros alunos apresentaram outras respostas prolongando a discussão sobre o que é básico. Diante disso, Boli aproximou-se da professora e a questionou: “Pergunto agora os itens da cesta básica ou coloco os itens no quadro?” A professora sugeriu que ele perguntasse aos alunos os itens que compõem uma cesta básica, com a intenção de observar se eles sabiam essa informação.

Boli solicitou a intervenção da professora em dois momentos durante a discussão do tema com os alunos: no primeiro, quando pediu que ela propusesse alguma questão à turma sobre o tema “cesta básica”. Ele recorreu à professora para saber qual pergunta poderia ser feita naquele momento em que os alunos estavam envolvidos na discussão do tema: o que perguntar aos alunos? No segundo momento, quando os alunos discutiram sobre o que é básico, Boli questionou a professora para saber se naquele momento perguntava aos alunos os itens da cesta básica ou os colocava no quadro. Esses momentos em que Boli recorreu à professora, demonstram uma preocupação sobre o que fazer e em que momento realizar as atividades esquematizadas no planejamento.

Em seguida, Boli questionou os alunos sobre a duração da cesta básica e os alunos novamente se envolveram na discussão do tema. Como alguns deles eram consumidores da

cesta básica, ocorreram pronunciamentos: “um mês”, “duas semanas”. Uma aluna, incisivamente, falou: “A duração da cesta depende da quantidade de pessoas na família”. Neste momento, Boli aproximou-se da professora e a questionou sobre a organização dos alunos em grupos: “Formo os grupos agora?” A professora lhe perguntou se haveria tempo e ele respondeu que sim.

Após a discussão sobre a duração da cesta básica, Boli recorreu à professora mais uma vez para consultá-la se realizaria naquele momento a próxima atividade do planejamento: formação dos grupos. Boli explicou o motivo que o levou a recorrer à professora para questionar sobre qual momento fazer as atividades planejadas do ambiente de modelagem:

Foi devido às conversas. A gente fica nervoso. Eles estavam conversando demais e eu achava que tinha questão que era para lançar antes, ou seja, uma questão antes da outra. Eu esquematizei tudo, mas, na hora, aconteceu aquela confusão. Será que eu lanço isso agora ou não? E os meninos naquela agitação. Eu achava que era para seguir um esquema para que o próprio aluno entendesse. Em parte, para ir encaixando uma coisa com a outra mais para o entendimento deles, pois eles sempre querem saber mais. Para não jogar tudo de uma vez e depois voltar para aquela mesma pergunta.

Boli planejou algumas atividades para ser realizadas nas primeiras aulas, mas a participação ativa dos alunos imprimiu outra dinâmica às aulas. Diante disso, ele consultou a professora para saber em que momento poderia realizar a sequência das atividades planejadas.

Os trechos anteriores apresentaram momentos em que uma situação de tensão ocorreu quando o professor Boli recontextualizou a modelagem em sua prática pedagógica. A situação de tensão aconteceu no momento do *envolvimento dos alunos na discussão do tema*, quando Boli apresentou aos alunos algumas questões para discutir o tema. Como os alunos se engajaram ativamente na discussão, ele recorreu à professora para saber o que fazer. Ou seja, as questões que poderia propor, como propor as questões, em que momento organizar os alunos. Assim, Boli quis saber como implementar a sequência para as atividades planejadas. Nesta situação de tensão, esteve presente o discurso para seguir o planejamento do ambiente de modelagem e outro discurso relacionado à maneira como sequenciar as atividades do planejamento e o ritmo a ser realizado, ou seja, o tempo destinado para cada atividade do planejamento, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica*.



### ***Professora Maria***

Maria desenvolveu o ambiente de modelagem em uma turma de 6<sup>a</sup> série do ensino fundamental, durante vinte aulas, no período de agosto a outubro de 2006, com o tema *análise do consumo de água*, no qual os alunos tiveram que analisar as contas de água da casa deles e da escola. Maria foi decidindo como analisaria as contas do consumo de água com os alunos no decorrer das aulas. Ela escolheu um tema que fosse próximo ao que ela já realizava em sua prática pedagógica, pois ela não sabia como eles iriam comportar-se diante de um tema proveniente do dia a dia.

Inicialmente, a gente ficou tentando fazer, porém com medo, porque o novo sempre causa medo. Como é que o aluno vai se comportar? Aí, inicialmente, veio o foco. Lembra que a gente pensou na merenda escolar, mas depois aqueles cálculos ficaram complicados e não seria um trabalho bom. [...] Aí, eu parti para a conta de água. No momento em que nós pensamos em trabalhar conta de água, eu pensei como foco trabalhar com eles como é que mede e o valor a ser pago.

Para Maria, a modelagem é um “ambiente de aprendizagem que possibilita trabalharmos, na sala de aula, conexões internas entre temas matemáticos com outras áreas do conhecimento, estimulando a participação ativa do aluno em todas as etapas do processo de ensino-aprendizagem”. Maria caracterizou modelagem como a utilização de conexões entre os conteúdos matemáticos e outras áreas do conhecimento com a participação ativa dos alunos no processo de ensino e aprendizagem.

Após a apresentação do tema, Maria fez algumas perguntas aos alunos: “Então, vocês sabem como é feita a fatura de consumo de água? Vocês sabem por que pagam e o que pagam pela água? Vocês sabem como é calculada a fatura?” Em seguida, dividiu a turma em grupos e os convidou a analisar a fatura de consumo de água. “O que vocês vão fazer com essa conta de água? Cada grupo vai fazer a leitura de toda a conta de água, frente e verso, e vão destacar três itens que mais chamaram a atenção de vocês. Depois disso, cada grupo vai colocar aqui no quadro o que destacou na fatura de consumo de água”. Maria solicitou aos alunos que escolhessem três itens para estudarem com mais detalhes na fatura de consumo de água. Ela esclareceu que os itens mais escolhidos pelos grupos seriam analisados e discutidos pela turma. Os itens mais escolhidos foram consumo em m<sup>3</sup>, parâmetros da qualidade da água e hidrômetro. Maria comentou como foi o início do ambiente de modelagem:

Eu achei um momento difícil: foi ver se eu estou dentro dos padrões da modelagem. Ou seja, ser intermediário e não ser o autor da obra e nunca centralizar no professor e deixar que o aluno também participe. [...] Eu senti assim: isso é modelagem? Eu tenho que sentir como é, para depois eu não estar fazendo diferente. Aí, surgiu a ideia de pedir que eles fizessem o acompanhamento da conta. Cada um vai trazer o consumo da casa e vai gerar uma nova discussão e o que vai apresentar da escola, vai gerar outra discussão. Neste momento, eu vi o seguinte: eu saber o processo que ele vai estar usando a Matemática, os conhecimentos matemáticos deles de uma maneira que ele não está sentindo que é uma coisa imposta. Ele é sujeito da ação. Eles sugeriram, eles participaram deste momento da escolha.

Para Maria, foi um momento difícil verificar se ela estava intermediando e não centrando o processo no professor nas aulas. Ela preocupou-se em solicitar a participação dos alunos na realização das atividades do ambiente de modelagem. Diante disso, propôs aos alunos que coletassem o consumo de água diário da casa deles e da escola durante uma semana. Além disso, Maria demonstrou indícios de mudanças de prática, quando considerou a participação dos alunos, pois percebeu que a centralidade do processo de ensino e aprendizagem não pode estar no professor.

Após a escolha dos itens da fatura de consumo de água, Maria preocupou-se em como poderia direcionar as escolhas dos alunos de maneira que lhes possibilitassem participar do ambiente de modelagem.

Minha tensão está sendo como apresentar a conclusão para os itens dos alunos. E já surgiram várias questões. Quando eu coloquei no quadro todos os itens, eu fiquei preocupada em dar uma resposta a eles. O que é que eu vou fazer para contemplar todos aqueles itens colocados pelos alunos sem fugir da modelagem? De repente, a gente pensa: será que colocando isso, nesse momento, eu não vou estar fugindo da modelagem? Ou seja, é envolver de modo que eles vão criando as situações. Seria fazer modelagem? Se eu colocar isso aqui gente, isso aqui, vocês vão ter que pesquisar. Parece que eu estou impondo e não está surgindo deles. Então, eu tenho que ter muito cuidado para não impor a coisa, mas que seja algo vindo deles.

Na apresentação dos itens da fatura de consumo de água, Maria ficou preocupada em responder a todos os itens escolhidos pelos alunos ou discutir com eles os itens para requerer a participação deles no ambiente de modelagem.

Os trechos apresentados indicaram momentos em que situações de tensão ocorreram quando Maria recontextualizou a modelagem em sua prática pedagógica. A primeira situação de tensão aconteceu no momento do *planejamento do ambiente de modelagem* quando ela escolheu um tema que propiciasse a participação e o envolvimento dos alunos na resolução de

um problema proveniente do dia a dia. Nesta situação de tensão, esteve presente o discurso para escolher um tema e outro discurso relacionado a escolher um tema que estivesse próximo da sua prática pedagógica, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão da escolha do tema*.

A segunda situação de tensão ocorreu no momento da *organização dos alunos para realizar as atividades do ambiente de modelagem* e diz respeito a como recontextualizar modelagem na sua prática pedagógica de maneira que os alunos participem do processo. Maria preocupou-se em propor atividades que envolvessem os alunos para que eles tivessem uma participação ativa: coletar dados, discuti-los, participar das escolhas dos itens da fatura de consumo de água. Nesta situação de tensão, esteve presente o discurso do papel do professor como o centro do processo de ensino e aprendizagem, no qual os alunos realizam atividades propostas pelo professor e outro discurso relacionado ao papel do professor como mediador, intermediando o processo de ensino e aprendizagem, no qual os alunos participam das decisões sobre as atividades, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão da participação dos alunos*.

A terceira situação de tensão aconteceu no momento da *apresentação das respostas dos alunos* sobre os itens escolhidos da fatura de consumo de água, referindo-se a maneira de intervir e discutir as respostas dos alunos. Nesta situação de tensão, esteve presente o discurso para comentar e dar resposta a cada escolha dos alunos e outro discurso relacionado a solicitar que os alunos discutam os itens escolhidos, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão da abordagem das respostas dos alunos*.

### **Professora Vitória**

Vitória desenvolveu o ambiente de modelagem em uma turma de Fluxo de Regularização Escolar<sup>10</sup> (7ª e 8ª séries do ensino fundamental), durante quatorze aulas, no período de agosto a novembro de 2006, com o tema *o salário mínimo e o custo de vida de uma família em Conceição do Jacuípe*, com o objetivo de discutir os ganhos e as despesas de uma família durante um mês nessa cidade.

Eu estava com dúvida. Na realidade, eu estava com medo, achando que é difícil. Eu estava com dificuldades para começar, por isso que eu ficava adiando. Primeiro, eu sugeri o projeto da construção de uma quadra. Depois,

---

<sup>10</sup> Destina-se aos alunos que apresentam idade adiantada em relação à série. Nessa modalidade, os alunos cursam duas séries durante o período de um ano.

eu pensei que era muito difícil. Minha preocupação era se os alunos dariam conta da atividade. Depois, foi o transporte coletivo, mas eu achei difícil. Depois a horta, mas eu não sei se eu vou conseguir porque minha preocupação maior foi a turma. Assim, eu fiquei pensando em um tema que facilitasse para eles. Por isso, que eu ficava adiando o começo do projeto. Eu achava que os alunos não tinham capacidade, mas, de repente, a gente provocando eles, acaba saindo.

A preocupação de Vitória era se os alunos conseguiriam desenvolver as atividades, por isso ela ficou adiando o começo do ambiente de modelagem em suas aulas. Em vista disso, ela escolheu um tema que fosse fácil para os alunos desenvolverem e próximo ao que já realizava em sua prática pedagógica quando planejava o ambiente de modelagem.

Eu demorei porque fiquei em dúvida qual o tema trabalhar. Eu fiquei naquela dúvida, primeiro foi hortaliça, mas eu achei que estava um pouco difícil para a minha turma. Depois, surgiu o transporte interurbano. Eu também achei difícil. Depois, eu optei por salário mínimo e despesas. [...] E a dificuldade também da sala, dos alunos. A sala com poucos alunos, os alunos meio desmotivados. Por isso, demorei de começar o meu projeto. Bem, eu superei as minhas expectativas. Eu estava ansiosa, com medo que não desse certo que eles não conseguissem. Mas, até que se saíram bem.

No planejamento do ambiente de modelagem, Vitória esquematizou as seguintes atividades: apresentação do tema; divisão da turma em grupos; coleta das informações pelos alunos; resolução do problema e discussão da resolução do problema. Vitória caracterizou modelagem como o uso da matemática para a abordagem de situações do dia a dia com a participação conjunta de professor e alunos.

Modelagem matemática desperta a gente para o novo. Uma aula diferente onde os alunos também participam e dão ideias. É como se não tivesse professor e aluno. São todos iguais. A aula transcorre, assim, com a participação de todos, bem diferente. Eu estou gostando da experiência, da participação dos alunos, do interesse deles. [...] Então, através da atividade de modelagem, situações da vida real que a gente vai ver um modelo para resolver com a matemática aquela situação. Então, aí a gente vê, onde é que usa a Matemática? Em diversas situações da vida está sempre usando a Matemática.

Para Vitória, a apresentação e a discussão do tema, o momento do convite<sup>11</sup>, seria relativamente rápido, pois ela convidaria os alunos, discutiria um pouco o tema e, em seguida, continuaria com a programação tradicional das suas aulas. “Eu fiz o convite à turma e acho

<sup>11</sup> No ambiente de modelagem, o convite caracteriza-se pelos vários momentos nos quais os “alunos assumem o processo de exploração e explicação” (SKOVSMOSE, 2000, p. 73) do problema.

que eles aceitaram bem o convite. Não sei se fiz o convite assim da maneira certa. Eu achei que eu poderia até fazer o convite de maneira diferente”. Entretanto, como os alunos levantaram questões e se engajaram nas discussões, ela reconheceu que precisava continuar com a discussão do tema. Mas, como poderia fazer isso? O trecho, a seguir, mostra Vitória questionando o que poderia perguntar mais aos alunos:

Eu pensei que depois que a gente fizesse o convite [momento inicial em que ela convidou os alunos para participarem do ambiente de modelagem], a gente ia falar um pouco sobre salário, despesas e ia terminar ali. Mas, depois, foram surgindo perguntas e eu ia fazer o quê? Eu não programei no papel, mas eu sabia o que eu teria que perguntar. Mas, chegou uma hora que eu falei: o que eu pergunto mais? Porque eu não fiz assim... Por causa do nervoso, o que é que eu vou fazer depois? Agora, eu pergunto o quê? [...] As perguntas que eu fiz, eles responderam. Mas, depois que terminava, eu ficava pensando o que perguntar mais. [...] Eu não fiz outras perguntas. Quando eles terminavam, eu não sabia o que perguntar mais. Na minha cabeça era só o convite, conversar um pouquinho e pronto. Eu nem me dei conta de que aquelas duas aulas eram para o desenvolvimento da modelagem. Na minha cabeça, eu ia chegar e fazer o convite, conversar um pouco e ia continuar com o assunto que eu estava dando na aula anterior, continuar a minha aula tradicional.

Para a segunda aula, ela solicitou que os alunos coletassem informações referentes às despesas das famílias deles durante um mês. Com a intenção de esclarecer como poderia trabalhar essas informações, Vitória questionou a professora sobre o planejamento da próxima atividade, pois não ficou claro como questionar os alunos no momento do envolvimento deles na discussão das informações coletadas: por escrito em um papel, verbalmente ou se escreveria na lousa.

Para a próxima aula, como eu posso planejar a próxima atividade? Eu ainda estou com dúvida. Eu pedi para eles trazerem o orçamento das despesas deles. Eu posso fazer questões sobre o que eles vão me trazer? Mas, eu posso colocar as questões no papel, eu questiono verbalmente ou as coloco no quadro?

Os trechos anteriores apresentaram momentos em que situações de tensão ocorreram quando a professora Vitória recontextualizou a modelagem em sua prática pedagógica. A primeira situação de tensão aconteceu no momento do *planejamento do ambiente de modelagem* quando a professora estava na iminência de desenvolvê-la em sala de aula. Como foi mencionada por Vitória, ela adiou a implementação da modelagem em suas aulas, pois ela ficou preocupada em escolher um tema que propiciasse o envolvimento dos alunos, já que

eles não apresentavam interesses para as atividades realizadas em sua prática pedagógica. Nesta situação de tensão, esteve presente o discurso para escolher um tema e outro discurso relacionado a escolher um tema que engajasse os alunos e fosse próximo da sua prática pedagógica, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão da escolha do tema*.

A segunda situação de tensão aconteceu no momento do *envolvimento dos alunos na discussão do tema* quando Vitória reconheceu que precisava fazer mais perguntas na apresentação do tema, pois os alunos se engajaram na discussão. Assim, ela quis saber como fazer o convite, como discutir o tema com os alunos, como interagir com os alunos e quais perguntas fazer na apresentação do tema. Nesta situação de tensão, esteve presente o discurso para fazer o convite e continuar a aula tradicional e outro discurso relacionado a continuar discutindo o tema, pois os alunos se engajaram na discussão do tema, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão da interação com os alunos*.

A terceira situação de tensão ocorreu no momento do *planejamento do ambiente de modelagem*, especificamente, do planejamento da aula que discutiria as informações coletadas pelos alunos, quando Vitória solicitou esclarecimento à professora sobre o que poderia ser perguntado e de que maneira poderia fazer para discutir as informações trazidas pelos alunos. Ou seja, ela elaboraria questões para discutir as informações coletadas ou as questões seriam elaboradas a partir das informações que os alunos trouxessem, no caso, o orçamento das despesas da família deles. Nesta situação de tensão, esteve presente o discurso para propor questões para discutir as informações trazidas pelos alunos e outro discurso relacionado a propor questões a partir do que eles trouxeram para discutir as informações coletadas, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão da interação com os alunos*.

## Discussão

O objetivo do artigo é identificar, descrever e discutir as situações de tensão em que professores manifestaram *tensões nos discursos* na implementação da modelagem em suas práticas pedagógicas. Essas situações estão relacionadas às primeiras aulas do ambiente de modelagem: apresentação e discussão do tema com os alunos, organização dos alunos para a realização das atividades. Como definimos na segunda seção, as *situações de tensão* são os momentos específicos na prática pedagógica os quais se manifestam as *tensões nos discursos*.

Na seção anterior, identificamos as seguintes situações de tensão: *envolvimento dos alunos na discussão do tema*, *planejamento do ambiente de modelagem*, *organização dos*

*alunos para realizar as atividades e apresentação das respostas dos alunos.* Nestas situações, apareceram características dos discursos presentes na prática pedagógica e do discurso trazido, no caso, o discurso sobre modelagem. Esses discursos apresentaram uma descontinuidade entre eles, constituindo *tensões nos discursos*, sendo identificadas nos discursos dos professores quando eles decidiram *o que podia ser dito e como podia ser dito*.

O *envolvimento dos alunos na discussão do tema* foi uma situação em que duas tensões foram manifestadas: a *tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica* e a *tensão da interação com os alunos*. Em relação ao professor Boli, ocorreu uma tensão nos discursos quando os alunos se envolveram ativamente na discussão do tema e ele precisou decidir o que perguntar aos alunos, em que momento organizá-los para desenvolver o problema, ou seja, como realizar a sequência das atividades planejadas e o seu ritmo na apresentação do tema e do problema. Em relação à professora Vitória, uma tensão nos discursos aconteceu também quando os alunos se engajaram na discussão do tema e ela precisou decidir quais perguntas poderia fazer para continuá-la e como interagir com os alunos, ou seja, como fazer a apresentação do tema e do problema no ambiente de modelagem.

O *planejamento do ambiente de modelagem* foi uma situação em que duas tensões foram manifestadas: a *tensão da escolha do tema* e a *tensão da interação com os alunos*. Em relação às professoras Maria e Vitória, uma tensão nos discursos ocorreu quando elas tiveram que escolher um tema que propiciasse a participação e o envolvimento dos alunos no desenvolvimento de um problema proveniente do dia a dia e fosse próximo a prática pedagógica delas. As professoras procuraram escolher temas que fossem relacionados ao contexto social dos alunos para que eles participassem do ambiente de modelagem. Ainda em relação à professora Vitória, uma tensão nos discursos aconteceu quando ela estava planejando a aula que discutiria as informações coletadas pelos alunos. Ela consultou a professora sobre quais perguntas e como poderia fazê-las no momento de discutir as informações coletadas pelos alunos para a resolução do problema.

A *organização dos alunos para realizar as atividades* foi uma situação em que uma tensão foi manifestada: a *tensão da participação dos alunos*. Em relação à professora Maria, uma tensão nos discursos ocorreu quando ela teve que propor atividades aos alunos de maneira que eles tivessem uma participação ativa no ambiente de modelagem. Outra situação de tensão relativa à Maria foi a *apresentação das respostas dos alunos*, a qual uma tensão foi manifestada: a *tensão da abordagem das respostas dos alunos*. Uma tensão nos discursos

aconteceu quando ela teve que decidir como poderia intervir e discutir as respostas dos alunos.

As situações de tensão estão relacionadas às seguintes *tensões nos discursos* como está esquematizado no quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Relação entre situações de tensão e tensões nos discursos

SITUAÇÕES DE TENSÃO	TENSÕES NOS DISCURSOS
O envolvimento dos alunos na discussão do tema	Interação com os alunos
	Sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica
O planejamento do ambiente de modelagem	Escolha do tema
	Interação com os alunos
A organização dos alunos para realizar as atividades	Participação dos alunos
A apresentação das respostas dos alunos	Abordagem das respostas dos alunos

A situação *envolvimento dos alunos na discussão do tema* está relacionada à tensão da *interação com os alunos* e a *tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica*. A primeira tensão refere-se ao que pode ser perguntado aos alunos e como pode ser perguntado na interação com os alunos na discussão do tema e do problema no ambiente de modelagem. A segunda tensão diz respeito a qual sequência realizar para as atividades planejadas no ambiente de modelagem, o seu ritmo e como implementá-las.

A situação *planejamento do ambiente de modelagem* está relacionada à tensão da *escolha do tema* e a tensão da *interação com os alunos*. A primeira tensão refere-se a qual tema escolher e como escolher um tema que propicie o envolvimento dos alunos nas atividades do ambiente de modelagem. A segunda tensão diz respeito a quais perguntas e à maneira de fazê-las na discussão das informações coletadas pelos alunos para a resolução do problema.

A situação *organização dos alunos para realizar as atividades* está relacionada à tensão da *participação dos alunos*. Essa tensão refere-se a como propor atividades que envolvam os alunos para que eles participem ativamente. Como mencionamos na primeira seção, no ambiente de modelagem, os alunos são convidados a indagar e/ou a investigar, por meio da matemática, problemas oriundos de outras áreas do conhecimento ou do dia a dia (BARBOSA, 2003, 2006, 2007). Em vista disso, a tensão da *participação dos alunos* refere-se a como propor atividades que os alunos se engajem de maneira ativa, por exemplo, colem informações sobre o problema e o investigue. A situação *apresentação das respostas dos*



*alunos* está relacionada à tensão da *abordagem das respostas dos alunos*. Essa tensão diz respeito a como intervir e discutir as respostas dos alunos.

Em termos de uma análise bernsteiniana, as *tensões nos discursos* nomeadas como *tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica*, *tensão da escolha do tema*, *tensão da participação dos alunos*, *tensão da abordagem das respostas dos alunos* e *tensão da interação com os alunos* relacionam-se às alterações nas formas de comunicação ocorridas nos momentos iniciais do ambiente de modelagem, quando o professor acomoda o discurso sobre modelagem em sua prática pedagógica. Esse discurso é trazido pelo professor e o discurso pedagógico o posiciona de acordo com as regras consolidadas e legitimadas na prática pedagógica. Diante disso, o discurso sobre modelagem é descontínuo em relação aos discursos já estabelecidos na prática pedagógica. Essa descontinuidade entre discursos constituíram as *tensões nos discursos* que são manifestadas pelas contradições, rupturas e dilemas, por causa do espaço que separa os discursos presentes na prática pedagógica e o discurso sobre modelagem. Essas tensões ocasionaram alteração na dinâmica comunicativa, em sala de aula, entre professor e alunos, pois os professores tiveram que decidir “o que falar” e “como falar” na discussão do tema e do problema, já que os alunos desafiaram o sequenciamento das atividades planejadas.

As descontinuidades entre discursos são expressas pelas *tensões nos discursos* e foram manifestadas nos discursos dos professores nas situações de tensão como esquematizado no quadro 2 abaixo:

Quadro 2. Relação entre situações de tensão, tensões e descontinuidades entre discursos

SITUAÇÕES DE TENSÃO	TENSÕES NOS DISCURSOS	DESCONTINUIDADES ENTRE DISCURSOS
O envolvimento dos alunos na discussão do tema	Interação com os alunos	Como fazer o convite? Faço perguntas aos alunos sobre o tema ou apresento o tema a eles? Como discutir o tema com os alunos? Como interagir com os alunos na discussão do tema? Quais perguntas fazer? “O que perguntar mais?”
	Sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica	“Pergunto agora os itens da cesta básica ou coloco os itens no quadro?” “Formo os grupos agora?” “Será que eu faço isso agora ou não?”

O planejamento do ambiente de modelagem	Escolha do tema	Qual tema escolher? Como escolher um tema que envolva os alunos?
	Interação com os alunos	O que perguntar aos alunos sobre as informações coletas? Como discutir as informações coletadas pelos alunos?
A organização dos alunos para realizar as atividades	Participação dos alunos	Como intermediar sem centrar o processo no professor? Como requerer a participação dos alunos?
A apresentação das respostas dos alunos	Abordagem das respostas dos alunos	Como contemplar as respostas trazidas pelos alunos? Como discutir as respostas dos alunos? Como intervir diante das respostas dos alunos?

Diante das descontinuidades entre os discursos, ocorreram alterações nos valores da classificação e do enquadramento. Em relação à classificação, as alterações estiveram relacionadas ao que perguntar e questionar na discussão do tema e das informações coletadas sobre o problema aos alunos, ou seja, “o que falar”. Em relação ao enquadramento, as alterações estiveram relacionadas à maneira como perguntar e questionar os alunos na interação entre eles e o (a) professor (a), isto é, “como falar”. Assim, esteve relacionado ao controle sobre a comunicação em termos da seleção, sequência, ritmo e critérios para a produção do discurso legítimo na recontextualização da modelagem na prática pedagógica. Portanto, as situações de tensão que ocorreram as *tensões nos discursos* foram no *planejamento do ambiente de modelagem*, na *implementação das atividades planejadas* e na *dinâmica comunicativa com os alunos*.

A pesquisa de Leiß (2005) aponta intervenções que professores realizaram para auxiliar os alunos na resolução do problema no ambiente de modelagem: ajudar os alunos na compreensão do problema para propiciar a construção do modelo; apoiar os alunos na obtenção de informações sobre o problema e incentivar os alunos a refletirem sobre os seus processos de resolução do problema. Essas intervenções são resultados da alteração dos valores da classificação e enquadramento e ocorreram quando os professores orientaram os alunos na resolução do problema.

Na literatura de modelagem e professores, identificamos evidências de descontinuidades entre discursos nos estudos de Doerr e English (2006) e Blomhøj e Kjeldsen (2006). No primeiro estudo, uma descontinuidade ocorreu em relação às formas de

comunicação, quando uma professora implementou a modelagem em sua aula, no que se refere a como proceder diante das soluções apresentadas pelos alunos para resolver os problemas. No segundo estudo, ocorreram evidências de descontinuidades quando professores desenvolveram trabalhos de projetos em modelagem em suas aulas em duas situações: no planejamento e na resolução do problema. Essas descontinuidades podem ser identificadas nos dilemas que os autores identificaram nas práticas pedagógicas dos professores: como considerar as fases (separadamente ou de maneira global) do processo de modelagem? Qual o objetivo da modelagem em sala de aula? Ser um objetivo educacional em si ou para motivar e apoiar a aprendizagem dos alunos em matemática? Como interagir com os alunos?

### **Considerações finais**

O presente artigo apresentou e analisou situações de tensão relacionadas a *tensões nos discursos* manifestadas nos discursos dos professores quando eles recontextualizaram modelagem em suas práticas pedagógicas. Assim, identificamos situações de tensão nos momentos em que os professores estiveram discutindo o tema, as respostas dos alunos e as informações coletadas sobre o problema, ou seja, na dinâmica comunicativa com os alunos. Além disso, quando eles estavam planejando as atividades do ambiente de modelagem, seja decidindo o tema, o problema e as atividades propostas para que os alunos desenvolvam o problema, bem como implementando as atividades do planejamento. Esses momentos foram situações que as *tensões nos discursos* foram manifestadas em suas práticas pedagógicas.

Os resultados apontam que situações de tensão e tensões são provenientes das descontinuidades entre discursos já presentes na prática pedagógica e o discurso sobre modelagem que foi movido para ela. Diante disso, ocorreram alterações nas formas de comunicação quando os professores recontextualizaram modelagem em suas práticas pedagógicas, no que se referem ao que pode ser dito e como pode ser dito: Quais perguntas fazer aos alunos na discussão do tema e das informações coletadas sobre o problema? Como fazer perguntas aos alunos? Como interagir com os alunos? Em que momento fazer as perguntas aos alunos? Em que momento organizar os alunos em grupos? Que ritmo imprimir para as atividades planejadas? Como requerer a participação dos alunos? Como discutir as respostas dos alunos? Como intervir diante das respostas dos alunos? Essas questões indicam descontinuidades entre os discursos, provocando alteração na dinâmica comunicativa em sala de aula, requerendo a produção de textos legítimos no ambiente de modelagem.

Como implicações deste artigo, as situações de tensão e as tensões podem ajudar a entendermos o que acontece quando professores trazem a modelagem para suas práticas pedagógicas, sendo um processo em que o professor transforma o discurso sobre modelagem que teve contato no programa de formação, campo de recontextualização, para posicioná-lo as regras presentes na prática pedagógica. Os conceitos da teoria de Bernstein (1990, 2000) foram as lentes teóricas para compreendermos que a dinâmica de desenvolver modelagem em sala de aula é um processo controlado por regras socialmente legitimadas que precisam ser consideradas nas discussões com os professores nos programas de formação de professores para que os apoiem na recontextualização da modelagem em suas práticas pedagógicas. É importante que os professores percebam o isolamento entre o discurso sobre modelagem que eles têm contato nos cursos de formação e a maneira como este discurso será recontextualizado em suas práticas pedagógicas, para que eles conseguiram lidar com as descontinuidades entre os discursos.

### Agradecimentos

Agradecemos aos professores participantes da pesquisa Boli, Maria e Vitória, e Antonio Vicente Marafioti Garnica (UNESP), André Luís Mattedi Dias (UEFS), Charbel Niño El-Hani (UFBA), Dario Fiorentini (UNICAMP) e Robinson Moreira Tenório (UFBA) pelos comentários à versão preliminar deste artigo e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa ao qual este artigo está relacionado.

### Referências

ALMEIDA, L. M. W; DIAS, M. R. Um estudo sobre o uso da Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem. **Boletim de Educação Matemática (Bolema)**, Rio Claro, n. 22, p. 19-35, 2004.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática e os professores: a questão da formação. **Boletim de Educação Matemática (Bolema)**, Rio Claro, n. 15, p. 5-23, 2001.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem matemática e os futuros professores. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 25., 2002, Caxambu. **Anais...** Caxambu: ANPED, 2002. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C. What is Mathematical Modelling? In: LAMON, S.; PARKER, W.; HOUSTON, S. **Mathematical modelling: a way of life ICTMA 11**. Chichester: Horwood, 2003. p. 227-234.

BARBOSA, J. C. As relações dos professores com a Modelagem Matemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2004. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C. Mathematical modelling in classroom: a critical and discursive perspective. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 3, p. 293-301, 2006.

BARBOSA, J. C. A prática dos alunos no ambiente de Modelagem Matemática: o esboço de um framework. In: BARBOSA, J. C., CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. de L. (Org.). **Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais**. Recife: SBEM, 2007. Cap. 10, p. 161-174. (Biblioteca do Educador Matemático, v. 3)

BARBOSA, J. C. Modelagem e modelos matemáticos na Educação Científica. **ALEXANDRIA: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 65-85, 2009.

BARBOSA, J. C., CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. de L. (Org.). **Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais**. Recife: SBEM, 2007. 268 p.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. São Paulo: Contexto, 2002. 389 p.

BERNSTEIN, B. **Class, Codes and Control, volume IV: the structuring of pedagogic discourse**. London: Routledge, 1990. 235 p.

BERNSTEIN, B. **Pedagogy, symbolic control and identify: theory, research, critique**. Lanham: Rowman & Littlefield, 2000. 230 p.

BLOMHØJ, M.; KJELDSEN, T. H. Teaching mathematical modelling through project work. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 2, p. 163-177, 2006.

BLUM, W. et al. **Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study**. New York: Springer, 2007. 521 p.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. Modelling as a pedagogical approach: resonance with new media. In: BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. **Humans-with-media and**

**reorganization of mathematical thinking:** information and communication technologies, modelling, visualization and experimentation. New York: Springer, 2005, cap. 3, p. 29-61.

BORROMEO FERRI, R. Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 2, p. 86-95, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **PCN+ Ensino Médio:** Orientações Educacionais Complementares aos *Parâmetros Curriculares Nacionais*, ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 2002, 144 p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio** – Volume 2: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2006.

CARREJO, D.; MARSHALL, J. What is mathematical modelling? Exploring prospective teachers' use of experiments to connect mathematics to the study of motion. **Mathematics Education Research Journal**, Australia, v. 19, n. 1, p. 45-76, 2007.

CHARMAZ, K. **Constructing Grounded Theory:** a practical guide through qualitative analysis. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2006. 208 p.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Introduction: the discipline and practice of qualitative research. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.) **Handbook of qualitative research**. 3. ed. Thousand Oaks: Sage, 2005, p. 1-32.

DOERR, H. M.; ENGLISH, L. D. Middle grade teachers' learning through students' engagement with modelling tasks. **Journal of Mathematics Teacher Education**, New York, n. 9, p. 5-32, 2006.

LEIB, D. Teacher intervention versus self-regulated learning? **Teaching Mathematics and its Applications**, v. 24, n.2-3, p. 75-89, 2005.

NISS, M.; BLUM, W.; GALBRAITH, P. L. Introduction. In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.; HENN, H.; NISS, M. (Ed.). **Modelling and Applications in Mathematics Education:** the 14th ICMI study, New York: Springer, 2007. p. 3-32.

OLIVEIRA, A. M. P; BARBOSA, J. C. A primeira experiência de Modelagem Matemática e a tensão do “próximo passo”. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBEM, 2007a. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, A. M. P; BARBOSA, J. C. As situações de tensão e as tensões na prática de Modelagem: o caso Vitória. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA

EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto e Universidade Federal de Minas Gerais, 2007b. 1 CD-ROM, p. 191-206.

OLIVEIRA, A. M. P; BARBOSA, J. C.; SANTANA, T. S. Modelagem matemática na sala de aula: uma compreensão acerca da resistência dos alunos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 4., 2009, Itatinga. **Anais...** Brasília: SBEM, 2009.1 CD-ROM.

PENTEADO, M. G. Implicações para a prática docente. In: BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001. cap. 4, p. 53-68.

SANTOS, L. Bernstein e o campo educacional: relevância, influências e incompreensões. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 120, p. 15-49, nov., 2003.

SILVEIRA, E. **Modelagem Matemática em Educação no Brasil**: entendendo o universo de teses e dissertações. 2007. 197 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Setor de Educação da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2007.

SKOVSMOSE, O. Cenários para investigação. **Boletim de Educação Matemática (Bolema)**, Rio Claro, n. 14, p. 66-91, 2000.

SKOVSMOSE, O. **Educação crítica**: incerteza, matemática, responsabilidade. Tradução de Maria Aparecida Viggiani Bicudo. São Paulo: Cortez, 2007. 304 p.

## **ARTIGO 3**

# **MATHEMATICAL MODELLING IN PEDAGOGIC PRACTICES: TEACHERS UNDERSTANDING AND DEALING WITH TENSIONS IN DISCOURSES**



## MATHEMATICAL MODELLING IN PEDAGOGIC PRACTICES: TEACHERS UNDERSTANDING AND DEALING WITH TENSIONS IN DISCOURSES

**ABSTRACT** How do teachers understand and deal with *tensions in discourses* when they implement mathematical modelling in their pedagogic practices? This question is discussed – using Bernstein's theoretical frame – based on a study of three teachers from the lower secondary school level from Brazilian public schools. The nature of the research is qualitative. The procedures used for collecting data were observations accomplished through recordings of lessons, interviews after each lesson and teachers' narratives on their lessons. In this paper, we will show how teachers understood and dealt with two tensions in discourses: *the tension of the unexpected situations* and *the tension of the approach of the mathematical content*. The results have suggested that teachers have understood that the modelling task requires producing a legitimate text to develop in their pedagogic practices. To deal with the tensions in discourses, the teachers developed specific actions: to search guidelines to know how to conduct mathematical modelling in the classroom, to frame the modelling task as school's task and to decide how to work the mathematical content. As a result, modelling tasks provide demands for teachers: to deal with unexpected situations and to approach the (previous and new) mathematical content.

**KEY WORDS:** Mathematics Education; Mathematical Modelling; Pedagogic Practice; Teachers; Tensions in discourses.

### 1. Introduction

Studies have discussed the role of connections in everyday life in teaching at schools, for helping students use mathematics to solve real problems (Blum, Galbraith, Henn & Niss, 2007, Gainsburg, 2008). As a consequence, the use of these connections can contribute for making students understand the roles that mathematics plays in society (Barbosa, 2006; Skovsmose, 2005). In spite of researches supporting the importance of connecting school mathematics to daily or other school subjects' situations, there is yet limited use of such everyday life's connections at several schooling levels (Niss, Blum & Galbraith, 2007, Kaiser and Maaß, 2007, Gainsburg, 2008). Gainsburg's (2008) study pointed out that teachers only make brief connections with everyday life in order to approach a given mathematical topic.

Könings, Brand-Gruwel and Merriënboer (2007) argued that teachers have a crucial role in the interpretation of innovations and its translation to educational practice. The results of this study indicated that teachers tend to implement innovations in accordance with their own approaches to teaching. As a result, Remillard (2005) pointed out that the use of innovations in teachers' pedagogic practices is influenced by their experiences, beliefs and

knowledge. Bernstein (2000) broadly defines *pedagogic practice* as the relationships that happen in a certain social context for cultural reproduction-production. In a school context, it can be understood as the relationships between teachers and students for the teaching and learning of certain contents.

Mathematical modelling has been one of the ways to promote everyday life's connections in the classroom. We define *mathematical modelling* as a learning environment where students are required to approach problems from daily or scientific disciplines' situations, through mathematics (Barbosa, 2003, 2006). By *learning environment*, we mean the social conditions provided to students for the development of some activities (Skovsmose, 2001). The problem that students are asked to formulate and/or solve from daily life or other disciplines' situations is a *mathematical modelling task*.

In the literature on mathematical modelling and teachers, recent studies have discussed that mathematical modelling demands specific actions from students and teachers to address daily situations in the classroom: interventions in the students' modelling process (Leiß, 2005), interpretations of students' mathematical thinking (Doerr, 2006), the pedagogical knowledge for teaching modelling (Doerr & English, 2006, Doerr, 2006, 2007), classroom activities and type of teaching's patterns through modelling (Antonius et al., 2007). Regarding these discussions, how have teachers implemented modelling in their pedagogic practices? What dilemmas or tensions are constituted when teachers implement modelling in the classroom? However, empirical evidence on teachers' pedagogic practices in mathematical mathematics is still scarce, especially regarding studies that examine what happens when teachers implement mathematical modelling in school settings.

In this paper, we will examine *tensions in discourses* whilst teachers had implemented mathematical modelling in their classrooms through an analysis of teachers' discourses based on Bernstein's theoretical framework. We define *discourse* as an oral or written text produced by an individual in a specific social context. This study was guided by the following research question: *How do teachers understand and deal with tensions in discourses when implement mathematical modelling in their pedagogic practices?*

To investigate this question, we examined the pedagogic practices of three teachers through an analysis of their discourses. The study focuses on two related aspects of tensions in teachers' discourses: how they understood and dealt with them when they implemented mathematical modelling in their pedagogic practices.

This paper is divided in five sections, consisting of this introduction, an outline of the theoretical considerations to frame the research question, methodology and context, presentation of the data through some selected extracts in order to show tensions in teachers' discourses, discussion of the findings, and lastly, an examination of their implications for research and practice in mathematical modelling within mathematics education.

## 2. Theoretical considerations

In this section, the theoretical perspective and the literature on mathematical modelling and teachers are brought together in order to frame the research question. Bernstein's (1990, 2000) theory is employed to highlight the tensions in teachers' discourses and to understand how they understand (the teacher's point of view about what is happening) and deal with (what they do) tensions in discourses whilst they recontextualized mathematical modelling in their pedagogic practices.

Bernstein (2000) distinguishes two forms of discourse. The first discourse named *horizontal discourse* is defined as the everyday knowledge or the knowledge of the common sense. This discourse refers to a form of knowledge that is oral, local, tacit, context dependent and specific. The second discourse named *vertical discourse* is defined as a form of knowledge that is coherent, structured, explicit and hierarchically organized (as it is in the natural sciences) or a form of a series of specialised languages with specialised criteria for the production and circulation of texts (as in the social sciences). Mathematical modelling can involve the relation between mathematics (vertical discourse) and daily situations (horizontal discourse) or mathematics (vertical discourse) and situations from scientific disciplines (vertical discourse).

Bernstein (1990, 2000) uses the term *pedagogic recontextualising* for the movement of a discourse from its original site to a pedagogic site. The original site, where new discourse is constructed, is named *field of production*. The author emphasizes that “as the discourse moves from its original site to its new positioning as pedagogic discourse, a transformation takes place” (2000, p. 32). How is the pedagogic discourse produced? This discourse is appropriated from the field of production and transformed in a pedagogic discourse through a *recontextualising field*. Its function is to recontextualize discourses from the field of production. The recontextualising principle creates recontextualising fields and agents. The author distinguishes between an *official recontextualising field* created and dominated by the

state and a *pedagogic recontextualising field* composed of teachers educators, textbook writers, curricular materials designers, specialised journals, etc. The *field of reproduction* is “where pedagogic practice in schools occurs” (Bernstein, 2000, p. 113), that is, where discourses that are moved from the recontextualising field are used in schools. To understand the process of pedagogic recontextualising, we will use Jablonka's (2007) description of mathematics, as a school subject. According to the author, “mathematics is a highly specialised activity that consists of a range of practices, some of which employ sophisticated tools and sign systems. The recontextualisation of parts of those practices establishes the school subject mathematics as it is defined in curriculum documents” (p. 194). This process involves selection of those practices and their relocation in school mathematics, and it is operated by a *pedagogic discourse*.

Bernstein (1990) defined *pedagogic discourse* as a principle for the selection of discourses that are relocated according to its own order. According to him, it is “a principle for appropriating other discourses and bringing them into a special relation with each other for the purpose of their selective transmission and acquisition” (p. 184). The notion of discourse as text presented in the previous section is different from the concept of pedagogic discourse which is a principle, because pedagogic discourse “cannot be identified with any of the discourses it has recontextualized” (p. 184).

In this sense, once everyday life's situations are moved to the classroom by teachers through pedagogic recontextualising, the pedagogic discourse selectively relocates and refocuses them in agreement with rules of the pedagogic practice. In addition, pedagogic discourse places them in a special relationship with others discourses to constitute its own order. Thus, the movement of the everyday life's situations for the classroom practice is regulated by discourses that had already been socially established and legitimated in this pedagogic context. It is “more a principle for appropriating discourses from the field of production, and subordinating them to a different principle of organization and relation (Bernstein, 2000, p. 115).

Gainsburg (2008) focused on the kinds of everyday life's connections that secondary mathematics teachers make in their pedagogic practices and the factors that influence teachers' use of connections. Regarding the first issue, teachers have made everyday life's connections through word problems<sup>1</sup>, planned examples or references during lessons, and projects. He pointed out that the main goal of teachers when they use everyday life's

---

<sup>1</sup> *Word problem* is a mathematics problem, posed in writing or orally, with a realistic context (Gainsburg, 2008).

connections is to approach mathematics contents. Regarding the second issue, the factors that influenced teachers were the motivation of students for the understanding mathematical concepts, showing students the importance of mathematics in the world and convincing students about the mathematics' usefulness in their lives.

On the other hand, the reasons why teachers have not made more everyday life's connections in their practices lie in the need of more resources and ideas, and in the limited class time. Thus, the way in which teachers in Gainsburg's study (2008) took everyday life's situations to their classrooms, shows that pedagogic discourse delocated and relocated these discourses according to its own principle. According to Bernstein (1990), "in the process of the de- and relocation the original discourse is subject to a transformation which transforms it from an actual practice to a virtual or imaginary practice" (p. 184). As a result, Bernstein (2000) argued that pedagogic discourse is a recontextualising principle and it cannot be identified with any of the recontextualized discourses. Teachers in Gainsburg's study (2008) were agents of the pedagogic recontextualising field and they have made adaptations to place everyday life's connections into their classrooms. One of the adaptations was to use everyday life's connections to approach the mathematical content.

Empirical studies have suggested that teachers play a crucial role in ensuring the implementation of modelling in the pedagogic practice (Doerr & English, 2006, Doerr, 2006, 2007). In Bernstein's terms, they are key recontextualising agents. Doerr (2006) examined the ways in which teachers identified, interpreted and responded to students' work with modelling tasks. The results suggested that teachers develop sophisticated schema to understand the diversity of students' ways of thinking. Teachers' actions supported students' engagement in the task and led them to review and refine their own mathematical thinking. Similarly, the results in Leiß's study (2005) pointed out that teachers' interventions were important in terms of making students understand the problem, finding an appropriate model for the situation and reflect on the model. These results mean that promoting modelling in the classroom have provoked some change in the pedagogical relationship between teachers and students.

In Brazil and in many countries, teachers have had contact with mathematical modelling through teacher education programmes (in-service or pre-service), researches results from mathematics education community, conferences, which are pedagogic recontextualising fields, as named by Bernstein (2000). The discourse on modelling, that it is moved by teachers from a pedagogic recontextualising field to the classroom (defined as a

field of reproduction) is a specialised discourse, named by Barbosa (2006) *school mathematical modelling*.

Bernstein (1990, 2000) uses two concepts to stress relations of power (classification) and control (framing) in the pedagogic practice. Classification embodies power relations between different categories, as for example, kinds of discourses. It is defined by space between categories that are maintained by power relations. This space is named by Bernstein (2000) *insulation*. On the other hand, framing regulates relations within a context. It refers to different forms of legitimating communication in any pedagogic practice. Framing refers to control on communication (selection, sequencing, pacing and criteria) in pedagogic relations, as for example, between teacher and students. According to Bernstein (2000), classification establish *recognition rules* that regulate what meanings are relevant in a context and framing establish *realisation rules* that regulate how the meanings are to be put together to create the legitimate text to this context.

Lerman and Zevenbergen (2004) argued that school mathematics is a specialized discourse with strong classification and framing, because “it is often taught as discipline quite distinct from other, and taught in a way where there is an emphasis on specialised skills” (p. 29). In short, “classification provides us with the limits of any discourse, whereas framing provides us with the form of the realisation of that discourse” (Bernstein, 2000, p. 12). Following Bernstein (2000), what happens when mathematical modelling is moved to the classroom? How have teachers placed it in the school context? We used the aforementioned concepts to understand how teachers have recontextualized mathematical modelling in their pedagogic practices. In particular, how they understand and deal with tensions whilst promoting modelling in the classroom.

Doerr (2006) and Doerr and English (2006) have argued that understanding teachers' knowledge means knowing how teachers interpret their pedagogic practices in the classroom, and how and when those interpretations influence decisions and actions in the classroom. “It is precisely teacher's interpretations of a situation that influence when and why as well as what it is that the teacher does” (Doerr, 2006, p. 5). Empirical studies have discussed teachers' dilemmas and uncertainties whilst they implemented modelling in the classroom (Doerr & English, 2006, Blomhøj & Kjeldsen, 2006). Some teachers' dilemmas were pointed out by Blomhøj and Kjeldsen (2006): the understanding of the phases in the modelling process from a holistic point of view or as inner part of the modelling process to work the mathematical content; the goal of modelling as an educational goal or as a mean for motivating and

supporting the students' learning of mathematics; and how to develop students' autonomy when working with projects.

Doerr and English (2006) identified teacher's uncertainty of how students can develop mathematically viable solutions. This uncertainty is related to the teacher's legitimate action in promoting modelling and her pedagogic practice. It constituted a kind of tension between how to develop the task and the uncertainty of which solutions the students might develop to solve the problem. These dilemmas and uncertainties might be seen as results of trying to place a new discourse in the pedagogic practice.

In Bernstein's terms, mathematical modelling in classroom might mean the weakening of classification and framing, because other discourses are moved to the classroom to solve the problems investigated by the students. As a result, modelling requires different forms of legitimate communication to deal with the problems from everyday life, modifying the control on communication: How to select the contents? How to sequence the actions? What is the pacing? How to evaluate? Thus, dilemmas and tensions represent the insulation between present discourses in the pedagogic practice and a new discourse addressed in modelling tasks. As a consequence, it can modify the values of classification (what can be said) and framing (how it can be said) in the mathematics lesson.

Carrejo and Marshall (2007) examined tensions or cognitive conflicts that occurred when teachers developed modelling to describe and predict a physical phenomenon during an in-service teacher education program. The results of this study pointed out tensions between personal experience (horizontal discourse) with the phenomenon, mathematics (vertical discourse) and physics (vertical discourse) in the process of elaborating the mathematical model by teachers. These tensions might be understood in terms of a recontextualising process, because taking daily situations or other school subjects to the classroom involves crossing the insulation between its original place and the pedagogic place. As a result, such insulation suppresses dilemmas, contradictions and tensions that might be identified in the teachers' discourses in their pedagogic practice. Likewise, Morgan, Tsatsaroni and Lerman (2002) interpreted tensions between discourse of mathematical investigation and discourse of assessment in terms of the contradictions in relation to different modes of pedagogic practice. Thus, these contradictions also refer to spaces between discourse of mathematical investigation and discourse of assessment.

Based on Bernstein's theory, we use the expression *tensions in discourses* to understand how teachers recontextualize mathematical modelling in their pedagogic practices.

*Tensions in discourses* are manifested by teachers through contradictions, cleavages and dilemmas that are constituted because of the space between categories (present discourses in the pedagogic practice and discourse on mathematical modelling). “The classificatory principle creates order, and the contradictions, cleavages and dilemmas which necessarily inhere in the principle of a classification are suppressed by the insulation” (Bernstein, 2000, p. 7). In this sense, discourse on modelling is moved to the classroom through a pedagogic recontextualising process. As a result, it might change the values of classification (what can be said) and framing (how it can be said) in a mathematics lesson.

It means that *tensions in discourses* might be interpreted in terms of a recontextualising process, because taking a new discourse to classroom involves crossing the insulation between its original site and a pedagogic site. This new discourse is positioned by pedagogic discourse, presenting a discontinuity in relation to the present discourses in the pedagogic practice. This discontinuity is justified by the insulation among discourses that are positioned in the pedagogic practice.

Thus *tensions in discourses* can be identified when there are characteristics of consolidated discourses and legitimated in the pedagogic practice and a brought discourse to it. The expression *tensions in discourses* has its origin in the discontinuity among legitimate discourses and a new discourse placed by pedagogic discourse, when teachers decide what can be said in their pedagogic practice whilst they recontextualize mathematical modelling and how it can be said.

Evans, Morgan and Tsatsaroni (2006) used “emotions” as a category to understand students' mathematical actions. They considered emotions socially discursive phenomena, being constituted by relationships of power and social identity. In a similar way, we could say that *tensions in discourses* are socially organized. *Tensions in discourses* are constituted through the contact among discourses that are moved, through a pedagogic recontextualising process, to the school context. These circulating discourses are socially positioned and legitimized (or not) in the social environment, in this case, in the pedagogic practice.

In our study, we discuss the notion of “tensions in discourses” as a starting point to capture the discontinuity among legitimate discourses and a new discourse placed in the pedagogic practice. This discontinuity is manifested in the teachers' discourses through contradictions, cleavages and dilemmas which occur in the specific moments in the pedagogic practice which shows the tensions in discourses that are denominated *situations of tension*.



### 3. Method

This paper's specific focus is to analyse how teachers understood and dealt with tensions in discourses when they implemented mathematical modelling in their pedagogic practices. In this section, the modelling tasks developed by the teachers will be described as well as the rationale for data collection and analysis.

#### 3.1 Setting and participants

This study is based on data from a wider research<sup>2</sup> that investigated tensions in teachers' discourses when they implemented mathematical modelling in their pedagogic practices. The context is the first modelling experience of three lower secondary school level teachers from public schools in the Northeast of Brazil. During data collection, those teachers were finishing an in-service training program for non-certified mathematics teachers at the State University of Feira de Santana, state of Bahia, Brazil. It is still usual that non-certified teachers teach at schools, because of the lack of teachers in Brazilian educational systems.

This paper's first author was a lecturer for two semesters in two courses about mathematical modelling in this program. In those courses, those teachers and their colleagues engaged in the problem approach from daily situations and in the development of modelling projects by themselves, as well as in the development of modelling in their classrooms. We selected those teachers for this study because of their willingness to participate in the research. We requested an authorization (Term of Free and Known Consent) to the teachers to collect the data in their classrooms.

The teachers that developed their based-modelling lessons were Boli, Maria and Vitoria (chosen pseudonyms for them). Each of them has been teaching for more than 14 years in public schools with classes of disadvantaged students. Two lessons of the five mathematics lessons were set aside to develop the modelling tasks per week. Each lesson lasted fifty minutes. The teachers organized the modelling environment according to what Barbosa (2003) calls Case 2; in other words, teachers present a problem and students should collect data and investigate it. However, they elaborated some tasks framed in Case 1

---

<sup>2</sup> The research "Mathematical modelling, teachers and tensions" was registered in the Committee of Ethics in Research of the State University of Feira de Santana under protocol nº 057/2006 (CAAE – 0053.0.059.000-06) in June of 2006.

(Barbosa, 2003), during the development of the modelling environment. Then, they presented some problems with quantitative and qualitative data and students solved them. Each teacher's lesson was organised in small groups of students, who solved the tasks assigned by these teachers.

Boli implemented modelling in two classes (9<sup>th</sup> grade) in the lower secondary level. He justified the used of modelling in order to make students “understand the presence of mathematics in everyday situations”<sup>3</sup>. Boli developed a modelling task entitled “Basic basket of goods”<sup>4</sup>. He reserved two lessons per week during eight weeks, between August and October, 2006 for that. He organized modelling in some phases, such as discussing the theme, introducing a problem, defining the products and quantities of a basic basket, students working in groups, students getting information to solve the problem, defining families' expenses, making calculations and comparisons and drawing graphs.

Maria implemented modelling in a class (6<sup>th</sup> grade) in the lower secondary level. She explained that “it is important that teachers introduce mathematical modelling in their pedagogic practices to facilitate the learning of mathematics by students”<sup>5</sup>. Maria developed a modelling task entitled “Analyzing water bills”. For that, she reserved two lessons per week during ten weeks, between August and October, 2006. She organized it in some phases, such as discussing the theme, introducing a problem, students working in groups, students getting information, analyzing tables, making calculations and comparisons.

Vitoria implemented modelling in a class (8<sup>th</sup> grade) in the lower secondary level. She said that she did the modelling task because she wanted “students to understand how mathematical contents are applied in everyday life”<sup>6</sup>. Vitoria developed a modelling task entitled “The minimum wage and a family's cost of living”. She reserved two lessons per week during eight weeks, between August and November, 2006 for that. She organized it in some phases, such as discussing the theme, introducing a problem, defining families' expenses, students getting information, establishing the products and quantities of a basic basket of goods, collecting data, making calculations and comparisons, elaborating tables.

### 3.2 Data collection and analysis

<sup>3</sup> “Compreender a presença da matemática em situações diárias”.

<sup>4</sup> In order to avoid repetition, we use the term “basic basket” as shorthand for “basic basket of goods”.

<sup>5</sup> “É importante que professores introduzam modelagem matemática em suas práticas pedagógicas para facilitar aprendizagem dos alunos em matemática”.

<sup>6</sup> “Para os alunos compreenderem como os conteúdos matemáticos são aplicados na vida diária”.

The research was framed according to the qualitative perspective (Denzin & Lincoln, 2005), because its purpose was the analysis of how teachers understood and dealt with tensions in discourses when they recontextualized modelling. Each teacher was videotaped during the modelling-based lessons. The videotaping focused on the teacher and the interactions between teacher and students and these videotapes were transcribed. After each lesson, interviews were done with each teacher that described how the modelling task was developed. The interviews were recorded and transcribed. The teachers wrote narratives about each lesson which were taken to analysis. In this paper, we used data from interviews to show how the teachers understood their tensions in discourses. To identify how they dealt with them we have used data from classroom's videotapes, teachers' narratives and interviews.

Bernstein (2000) argues that empirical data and theory should form a dynamic relationship to describe the objective of the research. With the purpose of producing theoretical understandings, based on the collected data and guided by research question, the teachers' pedagogic practices were analyzed in terms of the relationships between agents (teacher and students) and present discourses in the pedagogic practice as well as discourses on mathematical modelling. The analysis of data had some inspiration in the procedures of the grounded theory (Charmaz, 2006) that refers to the elaboration of codes and categories of the transcribed data. The analysis of data happened in three phases, as follows:

- First phase: reading of the transcripts of the videotapes and interviews, as well as teachers' narratives on their lessons.
- Second phase: identification of extracts – these extracts are pieces of data from the interviews, classroom's videotapes and teachers' narratives – that had been edited and had to do with the research question: How do teachers understand and deal with tensions in discourses? Then, each extract was read, line by line, and we used an open-ended coding of the tensions in discourses that we identified in teachers' pedagogic practice in order to verify how the teachers understood and dealt with these tensions.
- Third phase: classification of the codes into more general categories. We examined the tensions in discourses to interpret how each teacher understood and dealt with them. After that, we classified them into general categories and we were able to understand the research's problem by integrating the results in the literature and in Bernstein's theory.

#### 4. Tensions in teachers' modelling-based lessons

In this section, we present an analysis in order to show how teachers understood and dealt with tensions in discourses. First, we present two tensions in discourses that we identified in teachers' pedagogic practices. These tensions were categorized as follows: *the tension of the unexpected situations* and *the tension of the approach of the mathematical content*. Then, we will present an analysis that allowed us to come up with categories that refer to teachers' pedagogic practices, in order to discuss the focus of this study.

##### 4.1 The tension of the unexpected situations

Teachers had not expected that unanticipated situations happened in the development of the modelling task. They organized some phases to develop the modelling task, but some unexpected situations happened when they were developing each phase. This tension was identified when the teachers had decided what could be done and how it could be done. By unexpected situations we mean the situations that happen and interrupt the sequence and pace of the lessons. In terms of Bernstein's theory, the teachers recontextualized mathematical modelling in their pedagogic practices and they needed to know what legitimate text had to be produced in order to deal with unexpected situations. We present an analysis of how each teacher understood and dealt with *the tension of the unexpected situations* during the modelling task.

##### *Teacher Boli*

Boli was concerned with new situations that happened in his classroom practice and also with some problems that appeared when he had developed modelling. For example, students had difficulties in using some mathematical contents to solve the modelling task or they made wrong calculations whilst they solve it. When these unpredictable situations happened, he tried to do the same thing that he was already doing in his pedagogic practice when his students made wrong calculations. For example, he explained how to make the calculation and asked students to do these calculations again. Furthermore, Boli had planned what he would do in each lesson and he had also showed his lesson plan to the lecturer to know what could be done or not. The following extract shows this:

*“It was a project that every day I was a little bit surprised. I was worried with the things that happened. It was always a new thing and I had to sit down with the lecturer to see what I would do the next day, every week. I was always concerned with that and some problems always showed up. How do I do this? How do I do that? You [students] had doubts with some mathematical contents. I had to stop to explain, as it happened with that lesson on percentage. You made wrong calculations and we had to do everything again, didn't we?”<sup>7</sup>*

In spite of recognizing that unexpected situations are part of the modelling environment, as Boli can notice in the readings on modelling, he was apprehensive when something unexpected or some problem happened in the lesson and it was not in his lesson plan. He was concerned and insecure on what to do to deal with something unexpected in his lessons. Boli asked the lecturer for help to know what could be done and he tried to do the same way as he had been doing in his pedagogic practice. Boli recognized that those problems happened because he was developed modelling in his pedagogic practice for the first time. In the extract below, this is shown:

*“I become anxious when things that I had not planned happen in the lesson, but that's it. I am reading about modelling and that's the way it happens. That's my concern: “What will I do?” Sometimes I ask you for help. I try to do to something that happened at that moment of the activity. [...] I used to take notes on some things and asked you about them, so I was getting more secure. But, yet there were those little problems, because it was something new for me, it was different and I could not elicit my doubts with anyone, except you. [...] As I told you, I had my planning, my plan of action, but when there was the time I would go the other way. I know that some things that I had planned happened, but other things were happening during the classes”<sup>8</sup>.*

<sup>7</sup> “Foi um projeto em que, a cada dia, eu ficava um pouquinho surpreso. Eu ficava apreensivo com as coisas que aconteciam. Era sempre uma coisa nova e eu tinha que sentar com a professora para estar sempre vendo o que é que ia fazer no outro dia com vocês a cada semana. Eu sempre estava preocupado com isso e sempre iam surgindo uns probleminhas. Como é que fazia isso? Como é que fazia aquilo? Vocês tinham dúvidas sobre alguns conteúdos. Eu tinha que parar para explicar, como aconteceu naquela última aula sobre porcentagem. Vocês fizeram cálculos errados e a gente teve que refazer tudo. Não foi isso?”

<sup>8</sup> “Eu fico apreensivo quando vão surgindo outras coisas que eu não planejei, mas é isso mesmo. Eu estou lendo sobre modelagem e é assim mesmo. Minha preocupação é essa: o que eu vou fazer? Às vezes, eu recorro a você. Eu tento ver se dá para fazer algo que apareceu naquele momento da atividade. [...] Eu escrevia algumas coisas e perguntava a você, assim eu fui tendo mais segurança. Mas, mesmo assim, surgiam aqueles probleminhas por nunca ter feito, por ser uma coisa nova, diferente e não ter ninguém, além de você, para perguntar. [...] Como eu falei, eu tinha meu planejamento, meu plano de ação, mas chegava na hora eu ia por outro caminho. Eu sei que alguma coisa que eu preparei no planejamento aconteceu, mas outras coisas foram acontecendo nas aulas”.

Boli was concerned in planning the next lesson, because he did not know what could happen in each lesson. Thus, he made the planning and discussed it with the lecturer. In spite of doing the planning, he noticed what happened during the lessons that changed his planning. For example, he planned an activity in which the students would make calculations on the cost of the basic basket, but they made mistakes on the calculations or they had difficulties in using the mathematical content. Then, the activity could not be accomplished and he explained his students how to make the calculations. The following extract shows this:

*“My biggest concern was on the first class because I never knew what could happen the next day. I had to have a lesson plan and I always had it! I was worried with what to do the following day. I always thought about what I would do next and discussed it with you [lecturer]. I planned an activity but they made wrong calculations. We had to do everything again. [...] I always had to leave an activity for the following day. So, my concern was that: What should I do the following class?”<sup>9</sup>*

We noticed that Boli planned what to do in his lessons, but some unexpected situations used to happen. These situations interrupted the sequence and the pace of the lessons. He explained that he did not know what he could have done, because he was developing modelling in his pedagogic practice for the first time. He tried to deal with these unexpected situations by planning each lesson very carefully and asking the lecturer to help him. He read on modelling to understand how it could be developed in his classroom. In addition, he tried to do the same way as he had been doing in his pedagogic practice when students made wrong calculations. He explained how to do them and asked them to make calculations again.

#### *Teacher Maria*

Maria commented on the unpredictable situations that occurred in her classroom practice. She mentioned the moment when she asked her students to choose three items in the water bill. She did not imagine that they would choose other items beyond the consumption of water. Thus, she was concerned on how to work with the unanticipated options presented by them. She decided to work the three most chosen items by students: consumption of water

---

<sup>9</sup>“A minha preocupação maior foi a primeira vez, pois eu nunca sabia o que poderia ocorrer no dia seguinte. Tinha que ter um planeamento, um plano de aula, eu sempre fazia. Eu ficava preocupado com o que é que eu vou fazer amanhã. Eu sempre pensava o que ia fazer depois. É tanto que eu levava para discutir com você. Eu planejei a atividade, mas eles fizeram o cálculo errado. A gente teve que fazer tudo de novo. [...] Sempre deixava uma atividade a mais para o dia seguinte. Então, a preocupação era essa: o que fazer na próxima aula?”

in cubic meters, parameters of the quality of the water and hydrometer. She had doubts in deciding what to do and how to do all the time during the lessons and she asked for some orientation from the lecturer to know what could be done. In the extract below, this is shown:

*“There was a time that I asked myself: And now? What will I do? And then I rushed to talk to you and you always helped me. At that moment we had thought of consumption of water but then there arose parameters and treatment. They were not in the “script”. I had to give my students attention not to make them lose the enthusiasm. But at all times I had the doubt of where to go next”<sup>10</sup>.*

Maria was concerned of what to do when unpredictable situations happened in her lessons. She referred to the moment when one group had not brought the information to solve the problem and other group had lost them. At this moment, she was concerned if she has been involved the students to the modelling task. Due to this situation, she organized the groups so that they had the data to solve the problem, because she wanted to engage all students in the modelling task. The following extract shows this:

*“[...] The students said they had lost the data that had been collected, and I wanted all the students to participate in the task. A group didn't have the data and other group lost them. I was kind of afraid that my instructions on the data had not been very clear. I was worried on how to conduct the activity. What do I do? But then I had the idea of placing students who had the data with the ones that did not. But then other problem arose: there was a group where no student had line water at home. These students had to do the activity based on the school's data”<sup>11</sup>.*

Maria elaborated some situations that she could do with her students, but they were interested in other situations. For example, she thought that they would be interested in analyzing the consumption of water at school, but they were interested in discussing the consumption of water in their classmates' houses. They were interested in understanding what

---

<sup>10</sup> “Foi meio através de suas orientações. Quando terminava a aula você sempre dava aquela orientação. Realmente, houve momento que eu fiquei: e agora? O que é que eu vou fazer? Eu corria para conversar com você. No momento, a gente pensou em consumo e água, mas surgiram parâmetros, tratamento. Várias coisas surgiram e não estavam no *script* da coisa. Eu tinha que dar atenção a eles, para não perderem o entusiasmo. Realmente, a todo o momento, eu tinha dúvida: e agora, para onde eu vou?”

<sup>11</sup> “[...] Os alunos disseram que tinham perdido os dados coletados e minha preocupação era a de que todos participassem da atividade. Naquele momento, um grupo não tinha os dados e o outro perdeu os dados, a gente já fica com medo, achando que o convite talvez tenha falhado em alguma coisa. Eu fiquei preocupada em como conduzir. O que fazer? Mas eu tive a idéia de colocar os alunos que trouxeram os dados em contato com os que não trouxeram os dados. Mas outro problema também aconteceu: havia uma equipe na qual ninguém tinha água encanada em casa. Eles tiveram que fazer a atividade com os dados da escola”.

happened with the high consumption of water in a student's house. This student explained that the consumption was in two houses, but they did not accept it. At this moment, Maria was concerned on what to do and how to do to deal with these unpredictable situations. In the extract below, this is shown:

*"I had planned many situations. How will I do it? What will I do? About the consumption of water, for example: I thought students would ask more about the consumption of water at school. But they did not. What called more the attention of the students was that in a student's house the consumption was of 1.681 liters whereas in other houses the consumption was of 157 and 250 liters. Something unexpected happened: the students wanted to know the reason for a so high consumption of water in the student's house, but they did not accept the student's explanation"*<sup>12</sup>.

We noticed that Maria had provided some situations that could to work in her lessons. She had dealt with some unpredictable situations: some students did not bring the information to solve the problem; students presented unexpected interests and students presented unanticipated options. When these unpredictable situations occurred in her lessons, she asked the lecturer for help, in order to know what could be done and how it could be done. However, she organized the students in a way that all of them had the information to solve the problem; she discussed the unexpected interests and decided which unexpected options would be approached.

#### *Teacher Vitoria*

Vitoria was concerned when her students did not bring the information to solve the problem. She was surprised with this situation, because they had showed they were engaged in the activities, in the previous lesson. Furthermore, she noticed that the lessons were being fragmented, because unexpected situations interrupted the sequence and pace of the planned activities. The following extract shows this:

---

<sup>12</sup> "Eu coloquei no caderno que iria fazer tal coisa. Eu coloquei várias situações para ver se podia surgir isso. Como eu vou fazer? O que vou fazer? O consumo, por exemplo: eu pensei que eles fossem questionar mais o consumo de água da escola. Eles não questionaram. O consumo de água da casa de uma aluna, que gastou 1681 litros, enquanto outras casas dos alunos gastaram 157 litros, 250 litros, chamou mais a atenção deles. Teve uma coisa inesperada, que foi quando os alunos quiseram saber por que a casa da aluna gastava muita água. Ela explicou que gastava muita água porque eram duas casas, mas eles não aceitaram a explicação".



*“When I started our activities I asked the students if they had brought the information. [...] I was almost in panic, because most of the students had not brought them! [...] As some students had not taken the information to class and others had not come to class, there arose my first difficulties, because I noticed the activities were being fragmented. I was very worried because the students who had showed the most interest and participated more in the previous lesson, did not come to that class. What should I do?”<sup>13</sup>*

Vitoria noticed that an unpredictable situation happened when she presented the problem to her students: they were not investigating it. She was concerned on how to engage her students in the investigation of the problem because she had planned the students would solve the problem. The readings on mathematical modelling helped Vitoria analyzing how the modelling task was being developed and how it could be developed in her pedagogic practice. In the extract below, this is shown:

*“During the activity, I had doubts and difficulties. I always thought on what I should do. [...] What I used to do: I made questions and the students discussed these questions. After, they were supposed to do the activities. But students did not investigate much. What should I do? They could not solve the problems. I almost gave them the problem to be solved. I did not know what to do. When I started the modelling task I did not read a lot about modelling, but after some time I started reading and reading a lot on this subject. I think I should have done different”<sup>14</sup>.*

Vitoria was concerned on how to implement the modelling task in her pedagogic practice. For example, what to ask the students when she was discussing the theme of the modelling task, how to deal with unpredictable situations. As it was the first time that she was developing modelling in her classroom, she was concerned with what could happen and because of that she had a detailed lesson plan. The following extract shows this:

<sup>13</sup> “Ao iniciar nossas atividades, perguntei a eles se tinham trazido as informações. [...] Eu quase entro em pânico, porque a maioria dos alunos não levou as informações. [...] Como alguns alunos esqueceram as informações e outros não vieram à aula, surgiram minhas primeiras dificuldades, pois percebi que as atividades estavam sendo fragmentadas. Eu fiquei muito preocupada, pois os alunos que tiveram mais interesse, participando das atividades na aula passada, não vieram para aula. O que eu faço?”

<sup>14</sup> “Durante a atividade, eu tive dúvidas e dificuldades. Eu ficava pensando como eu deveria fazer. [...] Porque eu fazia assim: eu fazia perguntas, eles discutiam, eles questionavam. Depois, eles faziam as atividades. Mas, eles não investigavam muito. O que fazer? Eles não descobriram como é que resolvia aquele problema. Eu praticamente dava o problema para eles resolverem. Então, nesse momento, a minha dificuldade foi essa, porque eu ficava sem saber o que fazer. Quando eu comecei a atividade de modelagem eu não estava lendo muito sobre modelagem, depois, mais do meio para o final do projeto, foi que eu comecei a ler e a reler bastante. Eu penso que eu deveria ter feito diferente”.

---

*“I didn't know what to do. I thought how I would teach my class if I did not have anything. What would I do? Then, I will ask something and students answer it. What will I do then? I finish the lesson, don't I? I had that lesson plan because I needed to know how to conduct the lesson. [...] I was insecure and frightened, but in the end I was pleased. I know that there were faults in using the modelling, but the result was good for students and for me”<sup>15</sup>.*

We noticed that Vitoria had a plan to guide the development of the modelling task in her pedagogic practice. She noticed that unexpected situations interrupted the sequence and pace of the lessons. She had dealt with some unpredictable situations: some students did not bring the information to solve the problem and students did not investigate the problem. She dealt with these unpredictable situations asking the students to bring the information in the next lesson and teaching them how to solve the problem. In addition, she read on modelling to understand how it could be developed in her classroom practice.

In short, *the tension of the unexpected situations* refers to the discontinuity in relation to what to do and how to do to conduct the modelling task when unexpected situations happened in the classroom practice. This discontinuity was identified when the teachers had recontextualized mathematical modelling in their pedagogic practice and some unanticipated situations interrupted the sequence and pace of the pedagogic practices. They recognized that they were concerned in knowing what to do and how to do in those unexpected situations, because they were developing modelling in their pedagogic practice for the first time. As they did not know how to deal with these unexpected situations, they asked the lecturer to help them in the development of the modelling in their lessons. Boli and Vitoria had read on mathematical modelling to help them to understand how it could be developed in their classroom practices. The teachers dealt with the following unexpected situations: some students did not bring the information to solve the problem; students presented unexpected interests; students had difficulties to solve the problem; students did not investigate the problem; and students made mistakes in the calculations. These situations interrupted the sequence of the lessons and the teachers acted the following way: they organized the students so that all of them had the information to solve the problem; they heard the students'

---

<sup>15</sup> “Eu ficava sem saber, assim, como eu vou conduzir se eu chegar sem nada. O que eu vou fazer? Então, eu vou perguntar alguma coisa, eles respondem. O que eu faço? Termino a aula? Eu trazia aquela estrutura, pois eu precisava saber como conduzir a aula. [...] Eu ficava insegura e com medo, mas eu fiquei satisfeita. Eu sei que houve muita falha em relação à aplicação da modelagem, mas o resultado foi bom para os alunos e para mim”.

unexpected interests, but they guided the students for the interests planned by them; and they showed the students how to solve the problem.

In terms of Bernstein's theory, the teachers organized the modelling task in some phases, that is, they structured it as a school task. They planned the sequence and pace of the pedagogic practice of modelling, but unanticipated situations happened and interrupted these phases. That is because the planned sequence established certain possibilities for organizing the interactions between teachers and students in the classroom. They recognized that they needed to produce a legitimate text (what to speak) to deal with these situations, but they did not know how to do it. Thus, they asked the lecturer for help and read more about modelling to produce this text (how to speak). In addition, they acted in order to continue developing the planned sequence for the modelling task.

## **4.2 The tension of the approach of the mathematical content**

The teachers did not expect that their students would show difficulties in using previous mathematical content to solve the problems as well as they did not expect either that the students would not use other contents to solve these problems. In other words, what can be done and how it can be done when the students are not able to solve the modelling task, because they have difficulties in using the mathematical content. This tension was identified when the teachers had decided how to approach the mathematical content when modelling was implemented in their pedagogic practices. Regarding Bernstein's theory, the teachers introduced real problems<sup>16</sup> in their lessons and the students had difficulties to solve the problems, because they did not understand the mathematical content could have been used, that is, they were not able to produce a legitimate text for the development of the modelling task. Due to that situation, the teachers wanted to know how to approach the (previous and new) mathematical content in the modelling task. We present an analysis of how each teacher understood and dealt with the *tension of the approach of the mathematical content* during the modelling task.

*Teacher Boli*

---

<sup>16</sup> We use “real problem” to a problem from daily or scientific disciplines' situations.

Boli used part of the lessons that should be dedicated for the modelling task to deal with the students' difficulties in relation to previous mathematical content required to solve the problem. He noticed that it is important that students understand how to use the mathematical content to solve the problem, because without this knowledge they do not get to make the modelling task. During the time for solving the problem, Boli noticed that his students had not solved it because they had difficulties to use the mathematical content required by the problem. Due to that situation, he decided to teach the mathematical content to his students and to ask to them to try to solve the problem again. The following extract shows this:

*“Besides working with modelling, the mathematic content must be present. If teachers want students to notice daily lives' activities, they need to notice that it is important and necessary to know the mathematical content. Without the mathematical content, the modelling would not be applied. How will students solve the daily lives' problems if they do not know the mathematical content? In my opinion, it is important. When students showed their mistakes I had to stop the class and ask them to make the calculations again. [...] In a class I had planned to make a graph, but calculations were wrong. So, we missed one more class making the calculations again. [...] Regarding percentage: some students knew it, others did not. If I had not explained how to use percentage, the activity would not have been interesting”<sup>17</sup>.*

Besides Boli having recognized that to perform the modelling task it was necessary to use previous mathematical content, he argued that is important to plan the modelling task predicting on possible contents that might be necessary for that, because he would have an idea of how to approach the mathematical content. He noticed that he was not accomplishing the program completely. Due to situation, he tried to take advantage of the modelling task to approach the next content in the program. In the extract below, this is shown:

*“Because students were performing an activity, but they were also using mathematics. If students do not know how to make the calculations, how will they get to know the result? I think that we must think of an activity and its planning. Which will it be used in this activity? What content I am going to work? We must know what will be necessary for each activity. Students can follow many ways, but I have a basis [...] I noticed that I am getting behind*

---

<sup>17</sup> “Além de trabalhar com a modelagem, o conteúdo matemático precisa estar presente. Para eles perceberem a atividade do cotidiano, eles precisavam perceber que é também interessante e importante saber o conteúdo matemático. Sem o conteúdo matemático também, a modelagem não se aplicaria. Como eles resolverão os problemas do cotidiano se eles não sabem o conteúdo matemático? Eu acho que é importante. Quando os alunos apresentaram os erros, eu tive que parar tudo e pedi para eles refazerem os cálculos. [...] Teve uma aula que eu tinha planejado fazer o gráfico, mas os cálculos estavam errados. Então, a gente perdeu mais uma aula refazendo os cálculos novamente. [...] O caso da porcentagem mesmo: alguns conheciam, outros não. Se eu não explicasse como calculava a porcentagem, a atividade não ia ser interessante”.

*schedule, because we have two classes for the project. When I come back to the content students are not interested anymore. I am working with irrational equations, but students want to work on the project. They only want to work on the project. We have a schedule to follow at school, and modelling task is always behind schedule, because we have less than two lessons for it. But I will take advantage of the project to work on functions”<sup>18</sup>.*

We noticed that Boli was concerned in working the mathematical content in the modelling task. According to his point of view, it is important to plan which mathematical content can be worked in the modelling task. The students had difficulties in using the mathematical content to solve the modelling task. Due to this situation, he worked with previous mathematical content that was necessary to solve the task. In spite of Boli to recognizing that the modelling task was delaying the approach of the contents, he tried to work some contents in the program.

#### *Teacher Maria*

Maria noticed that her students had stopped developing the task, because they did not know how to use the mathematical content to solve the problem. She was concerned if she could intervene or not when her students would have had difficulties to solve the problem. As she did not know how to intervene to help her students, she asked the lecturer for help to work with the students' difficulties. After the lecturer told Maria that she could have guided her students in the development of the modelling task, she worked the necessary content for solving the problem with students, so that they got to solve it. The following extract shows this:

*“[...] And at that moment I was worried because most of the students stopped doing the activity. What will I do now? What about modelling? You become anxious. Can I make the calculations now? Can I explain it to them? We are always quite of in doubt. After the moment that you told me that I could intervene, it served the purpose of guiding our actions. Because until then I had thought that I had to let students work alone and not to intervene to*

---

<sup>18</sup> “Porque estava desenvolvendo uma atividade, mas também utilizando a matemática. Se eles não souberem o cálculo, como eles saberão o resultado sem saber calcular? Eu acho que deve se pensar uma atividade já pensando em fazer um esquema. Tal atividade, o que vai ser utilizado nesta atividade? Qual conteúdo eu vou trabalhar? O aluno pode seguir vários caminhos, mas eu tenho uma base.[...] Agora, eu percebi que eu estou atrasando os meus conteúdos, pois são duas aulas para o projeto. Mas, quando eu retorno ao conteúdo, eles ficam sem interesse. Eu estou trabalhando com equações irracionais, mas eles querem trabalhar no projeto. Eles só querem o projeto. Temos uma programação a cumprir aqui na escola e a atividade de modelagem acaba atrasando, pois são menos duas aulas. Mas, eu vou aproveitar o projeto para trabalhar função”.

*see what would happen. If students stopped I would stop too. But now I know I can intervene and I have already worked the content, in this case, volume and capacity”<sup>19</sup>.*

Maria commented on students' difficulties in relation to the mathematical content to solve the problem. During the resolution of the problem, Maria noticed that her students had difficulties to use the mathematical content required by the problem. Thus, she decided to help them going to the whiteboard to show how to solve one of the questions of the modelling task. In the extract below, this is shown:

*“I was observing the groups answer the questions and I noticed the big problem they had to make the calculations. Then I decided to show, on the whiteboard, how to solve one of the problems. After that I thought they started working more easily and from this moment on they made the calculations without great efforts. In the end of the class, the last activity was to transform liters in cubic meters, but none group could do that. That was the greatest impasse for me. As they could not transform liters into cubic meters, they could not check the table to see what would be the value to be paid in the situations from the whiteboard”<sup>20</sup>.*

Maria was concerned on how she could intervene to help her students when they had difficulties in using the mathematical content to solve the modelling task. In the modelling environment, she thought that she observes the students to solve the problem, but she could not intervene. However, the students did not solve the problem, because they did not know which content could be used to solve it. She asked the lecturer for help on the intervention. After the lecturer explained that she could intervene and help the students, Maria explained to the students how to solve one of the problems.

*Teacher Vitoria*

<sup>19</sup> “[...] E naquele momento, eu fiquei apreensiva porque a maioria parou de fazer a atividade. E agora, o que eu vou fazer? E a questão da modelagem? Você fica apreensivo. Eu posso chegar e fazer os cálculos agora? Eu vou esclarecer isso a eles? A gente fica meio em dúvida. Depois daquele momento aqui que você esclareceu que poderia intervir mesmo, isso serve também para nortear as nossas ações. Porque até então eu achei o seguinte: tinha que deixar eles lá e não intervir e ver o que aconteceria. Se eles parassem, eu pararia. Mas, agora, eu sei que eu posso intervir e eu já trabalhei o conteúdo, no caso, volume e capacidade”.

<sup>20</sup> “Fiquei observando as equipes desenvolverem as questões e percebi o grande problema que eles tinham para resolver os cálculos. Então eu decidi ir para o quadro e mostrar como seria feita uma das questões. Então, depois que eu intervim, senti que eles começaram a deslanchar e aí, as outras, eles já fizeram com mais facilidade. Agora, no final da aula, a última tarefa que era transformar os litros que eles tinham encontrado em metros cúbicos, equipe nenhuma tinha conseguido. Então esse, para mim, foi o grande impasse. Como eles não conseguiam transformar de litros para metros cúbicos, não tiveram como consultar a tabela e ver qual seria o valor a ser pago nas situações colocadas no quadro”.

Before working with modelling, Vitoria worked with percentage in her pedagogic practice. That can be a possible explication why her students used that content to solve the problem. However, she tried to work other mathematical contents, but they had difficulties to use other contents to solve the problem. She explained that they had difficulties because they had not been in contact with the content before the modelling task. Thus, she wanted to know how to work a new mathematical content in the modelling task. The following extract shows this:

*“I don't know what contents we will work with the modelling task. Students have many difficulties, as for example, with graphs. They do not know what a graph is. I wanted to work with graphs and other mathematical contents. I have worked until this moment with operations and percentage. I have difficulties in approaching other contents with students. I don't know how to work, because students do not know the other contents. I imagine this problem will request “function” and I think I will be able to work with it. [...] I tried to work with graph, but they have no notion of what a graph is. I tried to make a graph on the expenses but... I explained them how to make a graph, but they had many difficulties. [...] Regarding the expenses, I tried to make a graph putting expenses and percentage. [...] For any of the questions presented by me, they answer everything using percentage”<sup>21</sup>.*

During the development of the modelling task, Vitoria had difficulties to teach new mathematical contents, because her students did not understand how to use them to solve the problem. She tried to work other contents besides the previous contents worked in her pedagogic practice, but the students had difficulties to understand them. She explained how she has been approaching the content in her pedagogic practice. She recognized that did not know how to approach a new content in the modelling task. For Vitoria, the students need to have a previous knowledge of the content that will be used in the modelling task to solve it. In the extract below, this is shown:

*“Sometimes when we are discussing a topic, there is the possibility of approaching some content, but students do not know anything on it. I would have to start from the beginning to*

---

<sup>21</sup> “Eu fico sem saber quais são os conteúdos que vamos trabalhar na atividade de modelagem. Eles têm muitas dificuldades com os conteúdos, por exemplo, gráficos. Eles não sabem nem o que é o gráfico. Eu queria trabalhar com gráficos e outros conteúdos matemáticos. Eu trabalhei até agora com as operações e porcentagem. Eu estou com dificuldades de trabalhar outros conteúdos. Eu estou sem saber como trabalhar, porque eles não têm conhecimento dos outros conteúdos. Eu imagino que o problema vai solicitar função e eu acho que vai dar também para trabalhar. [...] Eu tentei trabalhar com gráfico, mas eles não têm noção nenhuma de gráfico. Eu tentei fazer o gráfico das despesas, mas só que... Eu dei uma explicação de como fazia o gráfico, mas eles tiveram dificuldades. [...] Com as despesas, eu tentei fazer um gráfico colocando as despesas e a porcentagem. [...] Qualquer questão que eu apresento, eles resolvem usando porcentagem e me dão a resposta”.

*explain that content. Now I am teaching algebraic expression. What do I do? I write the content on the board, explain it to students, and copy some interesting topics. Afterwards I start an activity. Today I worked this way. Students said: "Teacher, what do we do first?" I explain it to them and students continue asking on the next steps and students do that. But they do it mechanically, in a memorized way. Regarding the modelling activity, if a different content/topic arises, how will I work with that? I think that it is necessary to have previous knowledge on the content. Why was it easy to work with percentage and rule of three with students? Because I had already worked these contents with the students. [...] I think it will be difficult in the moment it arises"*<sup>22</sup>.

We noticed that Vitoria admitted that did not know how to approach a new content in the modelling task. She tried to approach a new content, but her students had difficulties to understand it and to use it to solve the problem. Due to that situation, she argued that the students need to have a previous knowledge of the content that will be used in the modelling task. She was concerned on how to approach a new mathematical content in it.

In short, *the tension of the approach of the mathematical content* refers to the discontinuity in relation to what and how to approach the mathematical content in the modelling tasks. This discontinuity was identified when the teachers recontextualized mathematical modelling and had decided on how to work the mathematical content, before or during the modelling task; how to work new mathematical contents; how to work the students' difficulties to use the mathematical content, that is, what to do and how to do to approach the (previous and new) mathematical content in the modelling environment. For the teachers, it is important that the students understand how to use the mathematical content to solve the problem. Maria asked the lecturer for help, about how she could intervene, because her students had difficulties to use the mathematical content to solve the problem. Boli and Vitoria argued that the students need to have a previous mathematical content to use in the modelling task, because they said that the students had difficulties to use previous and new

---

<sup>22</sup> “Às vezes, quando estamos discutindo um tema, há a possibilidade de abordar determinado conteúdo, mas só que eles não têm noção nenhuma. Eu teria que voltar para o início para poder explicar aquele conteúdo. Agora, eu estou dando expressão algébrica. O que eu faço? Eu falo que a gente vai trabalhar com expressão algébrica. Eu coloco o conteúdo lá no quadro, dou a explicação, copio, não é bem o conceito, alguns tópicos interessantes. Em seguida, faço uma atividade. Hoje, eu trabalhei assim. Eles disseram: “Professora, como faz o primeiro? Eu explico. Como faz o segundo? Depois da explicação, pronto, eles fazem. Mas, eles fazem como uma coisa decorada, como uma coisa mecânica. Já na atividade de modelagem, se um tema, um conteúdo diferente surgir, como é que eu vou trabalhar aquele conteúdo? Como é que eu vou trabalhar aquele tema com eles? Eu acho que tem que ter um conhecimento prévio deles. Porque foi fácil trabalhar com porcentagem e regra de três também? Porque eu já tinha trabalhado com eles esses conteúdos. [...] Eu acho que vai ser difícil no momento que surgir”.



mathematical contents. The teachers dealt with this tension explained the mathematical content required to solve the problem when the students did not get to solve it.

Regarding Bernstein's theory, the teachers introduced real problems in their pedagogic practices and the students had difficulties to solve them, because they did not understand the mathematical content could have been used and they were not able to produce a legitimate text for the development of the modelling task. They had encountered difficulties to solve problem from daily life situations. Besides the students tried to solve the problem as a school's task, they came across difficulties to understand which content could be used to solve the problems. Due to that situation, the teachers wanted to know how to intervene to help the students and how to approach the mathematical content in the modelling task.

## 5. Discussion and Conclusions

In this study, we present extracts that refer to two tensions in teachers' discourses: *the tension of the unexpected situations* and *the tension of the approach of the mathematical content*. We will discuss how the teachers understood (the teacher's point of view about what happened) and dealt with (what they have done) when tensions in discourses have been constituted whilst they developed mathematical modelling in their pedagogic practices.

In the previous section, we showed how teachers understood and dealt with two tensions in discourses. In relation to the first tension, *the unexpected situations*, the teachers recognized that the modelling environment altered the dynamics of their classroom practices. They organized the modelling environment in some phases, but unexpected situations changed the sequence and pace of the lessons. Due to this tension, they wanted to know what to do and how to do to conduct modelling, in other words, how to make decisions when some unanticipated situations happened in their pedagogic practices. They dealt with tension to take some actions: they asked the lecturer for help to decide what to do and they had read on mathematical modelling to understand how to conduct it; they framed the modelling task as a school's task to continue developing the planned sequence for it. It showed that the pedagogic discourse controlled the presence of the modelling in the pedagogic practice.

In relation to the second tension, *the approach of the mathematical content*, the teachers noticed that the students did not understand the mathematical content might be used, that is, they were not able to produce a legitimate text for the development of the modelling task. Due to that tension, the teachers wanted to know how to work the mathematical content,

before or during the modelling task; how to work new mathematical contents; how to work the students' difficulties with mathematical content, in other words, what to do and how to do to approach the mathematical content in the modelling environment. To deal with this tension they had worked the previous and new mathematical content in the development of the modelling task in their lessons. Antonius et al. (2007) point out that it has been a timing dilemma when teachers work on mathematical content related to the theme of the modelling task to decide to approach the mathematical topics before, during or after the task.

The actions accomplished by teachers to understand and to deal with the tensions in discourses can be interpreted in terms of what is legitimate in the modelling environment (identified as recognition rules) and how to produce the legitimate text (identified as realisation rules). In addition, bringing modelling to the pedagogic practice is a process controlled by the present discourses in this context, in which it is operated by a pedagogic discourse. The teachers recognized the specialty of the context when modelling was taken to their pedagogic practices and the production of different texts for this context. As a result, modelling requires different forms of legitimate communication to deal with the problems from daily or scientific disciplines' situations, modifying the control on communication: How to discuss the theme and the problem with students? How to discuss the students' solutions? How to work the mathematical content? How to work the students' difficulties to solve the problem? These questions represent discontinuities in relation to the present discourses in the pedagogic practice. How did the teachers deal with these tensions in discourses? They accomplished actions to produce the legitimate text looking for orientations with the lecturer and in the reading of texts on modelling and they framed the modelling task as school's task to know to deal with these tensions.

As a consequence, the *tensions in discourses* were a way for teachers to develop actions and strategies to implement mathematical modelling in their classrooms, requesting the teachers' pedagogical knowledge when they taught using modelling tasks. Doerr (2006) and Doerr and English (2006) have mentioned that understanding teachers' knowledge means knowing how teachers interpret their pedagogic practices in the classroom, and how and when those interpretations influence decisions and actions in the classroom.

Our findings have suggested that teachers have understood that the modelling task requires producing a legitimate text to develop in their pedagogic practices. To deal with the tensions in discourses, the teachers had developed specific actions: to search for orientation to know how to conduct mathematical modelling in classroom, to frame the modelling task as

school's task and to decide how to work the mathematical content. As a result, modelling tasks provide demands for teachers: to deal with unexpected situations; to approach the (previous and new) mathematical content. In our study, we noticed that teachers had carried out actions in order to deal with the tensions that occurred during the modelling tasks in their pedagogic practices. They looked for orientations to understand and to develop modelling in their lessons. These tensions can indicate that teachers need support when they are promoting modelling in their classroom practices for the first time.

In this way, tensions can contribute for the teachers' professional development, because in order to deal with them, teachers carry out actions, use strategies and produce pedagogical knowledge in the accomplishment of new practices in their classrooms. Doerr (2007) indicate that modelling tasks demanded teachers' pedagogical knowledge to hear unexpected approaches; to support students in making connections to other representations; to listen as students interpret and explain their answers.

Implications on the research refer to understanding how *tensions in discourses* can contribute to the teachers' professional development when teachers produce actions and strategies to deal with them, and on practice refer to teaching education programmes in mathematical modelling discuss tensions in discourses to support teachers in implementing this learning environment in the classroom. Tensions in discourses can provide opportunities for teachers to understand actions and strategies to produce a legitimate text.

## 6. Acknowledgments

We would like to express our gratitude to the teachers who took part in this study. Our sincere thanks to comments and suggestions made by Antonio Vicente Marafioti Garnica, André Luís Mattedi Dias, Charbel Niño El-Hani, Dario Fiorentini and Robinson Moreira Tenório for preliminary versions of this paper. Thanks also to FAPESB (State Foundation of Support to Research in Bahia) for supporting research with grants (BOL 1786/2006 and APR0059/2007).

## 7. References

Antonius, S. et al. (2007). Classroom activities and the teacher. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 295-308). New York: Springer.

- Barbosa, J. C. (2006). Mathematical modelling in classroom: a critical and discursive perspective. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 38 (3), 293-301.
- Barbosa, J. C. (2003). What is Mathematical Modelling? In S. Lamon, W. Parker, & S. Houston (Eds.), *Mathematical Modelling: a way of life ICTMA 11* (pp. 227-234). Chichester, England: Horwood Publishing.
- Bernstein, B. (1990). *Class, Codes and Control, volume IV: the structuring of pedagogic discourse*. London: Routledge.
- Bernstein, B. (2000). *Pedagogy, symbolic control and identify: theory, research, critique*. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers.
- Blomhøj, M. & Kjeldsen, T. H. (2006). Teaching mathematical modeling through project work. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 38 (2), 163-177.
- Blum, W., Galbraith, P., Henn, H. & Niss, M. (2007). *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study*. New York: Springer.
- Carrejo, D. & Marshall, J. (2007). What is mathematical modelling? Exploring prospective teachers' use of experiments to connect mathematics to the study of motion. *Mathematics Education Research Journal*, 19 (1), 45-76.
- Charmaz, K. (2006). *Constructing Grounded Theory: a practical guide through qualitative analysis*. Thousand Oaks: Sage.
- Denzin, N. & Lincoln, Y. (2005). Introduction: the discipline and practice of qualitative research. In N. Denzin, & Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (3rd ed.) (pp. 1-32). Thousand Oaks: Sage.
- Doerr, H. M. (2007). What Knowledge do teachers need for teaching mathematics through applications and modelling? In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 69-78). New York: Springer.
- Doerr, H. M. (2006). Examining the tasks of teaching when using students' mathematical thinking. *Educational Studies in Mathematics*, 62 (1), 3-24. doi: 10.1007/s10649-006-4437-9.
- Doerr, H. M. & English, L. D. (2006). Middle grade teachers' learning through students' engagement with modeling tasks. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9, 5-32. doi: 10.1007/s10857-006-9004-x.
- Evans, J., Morgan, C. & Tsatsaroni, A. (2006). Discursive positioning and emotion in school mathematics practices. *Educational Studies in Mathematics*, 63 (2), 209-226.
- Gainsburg, J. (2008). Real-world connections in secondary mathematics teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11, 199-219. doi: 10.1007/s10857-007-9070-8.
- Jablonka, E. (2007). The relevance of modelling and applications: relevant to whom and for what purpose? In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 193-200). New York: Springer.
- Kaiser, G. & Maaß, K. (2007). Modelling in lower secondary mathematics classroom – problems and opportunities. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 99-108). New York: Springer.
- Könings, K. D., Brand-Gruwel, S. & Van Merriënboer J. J. G. (2007). Teachers' perspectives on innovations: implications for educational design. *Teaching and Teacher Education*, 23, 985-997. doi:10.1016/j.tate.2006.06.004.
- Leiß, D. (2005). Teacher intervention versus self-regulated learning? *Teaching Mathematics and its Applications*, 24 (2-3), 75-89.

- Lerman, S. & Zevenbergen, R. (2004). The socio-political context of the mathematics classroom: using Bernstein's theoretical framework to understand classroom communications. In P. Valero, & R. Zevenbergen (Eds.), *Researching the socio-political dimensions of mathematics education: issues of Power in theory and methodology* (pp. 27-42). Dordrecht: Kluwer.
- Morgan, C., Tsatsaroni, A. & Lerman, S. (2002). Mathematics teachers' positions and practices in discourses of assessment. *British Journal of Sociology of Education*, 23 (3), 443-459.
- Niss, M., Blum, W. & Galbraith, P. L. (2007). Introduction. In W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study* (pp. 3-32). New York: Springer.
- Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75 (2), 211-246.
- Skovsmose, O. (2005). *Travelling through Education: uncertainty, mathematics, responsibility*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Skovsmose, O. (2001). Landscapes of investigation. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 33 (4), 123-132.

## CAPÍTULO 3

### MODELAGEM MATEMÁTICA E TENSÕES NOS DISCURSOS: UMA DISCUSSÃO

Neste capítulo, retomo a pergunta da pesquisa para construir uma discussão que articule os dados, a perspectiva teórica e os aportes da literatura. Assim, apresento uma análise dos resultados de cada artigo do segundo capítulo, com a intenção de elaborar uma compreensão para o problema de pesquisa. O objetivo desta pesquisa foi identificar, descrever e analisar as tensões manifestadas nos discursos dos professores na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas. Inicialmente, retomo os objetivos dos artigos elaborados a partir dos dados e dos resultados da sua análise, com o propósito de realizar uma caracterização para as *tensões nos discursos*. Em seguida, apresento cada tensão, como foi constituída e nomeada, explicitando a situação em que ela ocorreu, e como os professores a explicaram e lidaram com ela. Por fim, realizo uma sistematização para as *tensões nos discursos* dos professores em termos da dinâmica das suas práticas pedagógicas.

#### 3.1 RETOMADA DOS OBJETIVOS DOS ARTIGOS

A intenção da pesquisa foi investigar as *tensões nos discursos* dos professores quando eles implementaram modelagem matemática em suas práticas pedagógicas. Assim, o propósito deste trabalho foi compreender quais são as tensões, como são constituídas, as situações em que elas aconteceram, como os professores explicaram e lidaram com elas. Esse propósito foi representado pelo seguinte problema de pesquisa: Como os professores manifestam *tensões nos discursos* na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas? Para detalhar essa questão, outras questões específicas foram elaboradas para compreender o objeto de pesquisa (Ver seção 1.5 no primeiro capítulo).

Para investigar as *tensões nos discursos*, considere as práticas pedagógicas de três professores, Boli, Maria e Vitória, quando eles implementaram modelagem matemática em suas aulas, analisando os seus discursos. O discurso é um texto produzido, oralmente ou por escrito, por indivíduos que pertencem a um determinado contexto social. Diante disso, observei suas práticas pedagógicas em termos das *tensões* que se manifestaram *nos discursos* dos professores quando a modelagem foi trazida por eles para suas salas de aulas.

As *tensões* são manifestadas, *nos discursos*, pelas contradições, rupturas e dilemas constituídas por conta do espaço – isolamento – que separa as categorias de discursos, os discursos historicamente consolidados na prática pedagógica e um novo discurso, no caso, o discurso sobre modelagem, quando este último é posicionado pelo discurso pedagógico. Esse novo discurso apresenta uma descontinuidade em relação aos discursos que já estão presentes na prática pedagógica, pois há entre eles um isolamento que cria sua especificidade. De acordo com Bernstein (2000), o espaço entre categorias, no caso, categorias de discursos, é que cria a especialização dos discursos. O espaço, ou seja, o isolamento entre categorias é mantido pelas relações de poder entre elas. A descontinuidade entre os discursos é que constitui as *tensões nos discursos*. Para capturar essa descontinuidade, analisei os discursos dos professores nas aulas destinadas ao ambiente de modelagem e quando falaram e escreveram sobre essas aulas, identificando características dos discursos presentes na prática pedagógica e dos discursos trazidos.

No segundo capítulo da tese, os três artigos exploraram o objeto de pesquisa, *tensões nos discursos*, porém cada artigo discutiu uma das questões específicas que detalham o problema da investigação. Deste modo, o objetivo do primeiro artigo foi apresentar uma análise do processo de constituição das tensões nos discursos dos professores. Nele, foi discutida a constituição de três tensões: *tensão da abordagem das respostas dos alunos*, *tensão da intervenção do professor* e *tensão da abordagem do conteúdo matemático*. As descontinuidades entre discursos legitimados nas práticas pedagógicas dos professores e discursos trazidos mudaram os modos de interações comunicativas em sala de aula, pois os professores tiveram que decidir:

- a) como abordar o conteúdo matemático, tanto um novo conteúdo quanto um conteúdo abordado em séries anteriores;
- b) como abordar as respostas dos alunos, no caso, tendo que lidar com diferentes respostas apresentadas por eles;
- c) como intervir quando alunos apresentam dificuldades para utilizar o conteúdo matemático para resolver problemas relacionados ao dia a dia;
- d) como lidar com o envolvimento dos alunos no ambiente de modelagem.

O objetivo do segundo artigo foi analisar as situações em que aconteceram as *tensões nos discursos*. As descontinuidades entre discursos são expressas pelas *tensões nos discursos* que foram manifestadas nos discursos dos professores nas seguintes situações de tensão: no envolvimento dos alunos na discussão do tema, no planejamento do ambiente de modelagem,

na organização dos alunos para realizar as atividades e na apresentação das respostas dos alunos. Essas situações estiveram relacionadas às seguintes *tensões nos discursos*: *tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica*, *tensão da escolha do tema*, *tensão da participação dos alunos*, *tensão da abordagem das respostas dos alunos* e *tensão da interação com os alunos*. Assim, as situações de tensão foram identificadas na dinâmica comunicativa com os alunos, ou seja:

- a) nos momentos em que os professores estiveram discutindo o tema, as informações coletadas sobre o problema e as respostas dos alunos;
- b) no planejamento do ambiente de modelagem, seja decidindo o tema, o problema e as atividades propostas para que os alunos desenvolvam o problema;
- c) na implementação das atividades planejadas.

O objetivo do terceiro artigo foi apresentar uma análise de como os professores explicaram e lidaram com duas *tensões nos discursos*: *tensão das situações inesperadas* e *tensão da abordagem do conteúdo matemático*. Os professores planejaram algumas atividades para desenvolver o ambiente de modelagem em suas práticas pedagógicas, mas algumas situações inesperadas ocorreram e interromperam seu planejamento. Como eles estavam trazendo o ambiente de modelagem pela primeira vez, reconheceram que ficaram preocupados com o que poderiam fazer e como fazer para implementá-la em suas salas de aula.

Quando as situações inesperadas ocorreram, eles quiseram saber como poderiam proceder para continuar implementando a modelagem em suas aulas. Em vista disso, com a presença da professora nas aulas, eles buscaram orientação com ela para saber o que fazer. Além disso, procuraram textos sobre modelagem para compreender como poderiam desenvolvê-la em suas práticas pedagógicas. Outra maneira utilizada pelos professores para lidar com as situações inesperadas foi enquadrar o ambiente de modelagem como uma atividade escolar que eles estavam acostumados a desenvolver em suas práticas pedagógicas. Em relação à tensão da abordagem do conteúdo, os professores decidiram como abordar o conteúdo matemático requerido para resolver o problema, no momento que os alunos não conseguiram resolvê-lo e tiveram dificuldades para usar o conteúdo matemático. Portanto, os resultados apontam que os professores reconheceram que o ambiente de modelagem requereu a produção de um texto legítimo para lidar com as situações inesperadas e a abordagem do conteúdo matemático, pois, quando ocorreram essas tensões, eles quiseram saber o que fazer e



como fazer. Diante disso, eles realizaram ações já adotadas em suas práticas pedagógicas, bem como buscaram orientação para compreender como implementá-la em suas aulas.

Nas próximas seções, apresentarei uma análise dos resultados dos três artigos com o propósito de discutir as *tensões nos discursos* constituídas na implementação da modelagem nas práticas pedagógicas dos professores. Assim, inicialmente, apresento as oito tensões identificadas nos discursos dos professores articulando literatura, teoria e dados e, em seguida, sistematizo uma compreensão para o problema de pesquisa.

### 3.2. AS TENSÕES NOS DISCURSOS DOS PROFESSORES

Nesta seção, apresento e discuto as oito tensões que foram identificadas nos discursos dos professores na prática pedagógica de modelagem: *a tensão da escolha do tema, a tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica, a tensão da participação dos alunos, a tensão da abordagem das respostas dos alunos, a tensão da interação com os alunos, a tensão da intervenção do professor, a tensão da abordagem do conteúdo matemático e a tensão das situações inesperadas.*

Para cada tensão, começo explicitando como foi constituída, mostrando a descontinuidade entre os discursos, a situação em que aconteceu a tensão e, por fim, como os professores a explicaram e lidaram com ela. A partir daí, farei uma análise de cada tensão com os aportes da literatura e da perspectiva teórica discutidas no primeiro capítulo, com o propósito de esclarecer e ampliar os resultados, para, em seguida, sistematizá-los para uma compreensão do problema de pesquisa.

#### 3.2.1 A tensão da escolha do tema

Durante o planejamento, Boli conversou com a professora<sup>1</sup> para esclarecer como poderia escolher o tema. O tema escolhido por Boli foi *cesta básica*. A professora Vitória adiou o início das atividades do ambiente de modelagem até decidir um tema que propiciasse o envolvimento dos alunos e fosse próximo ao que já fazia em sua prática pedagógica. O tema escolhido por Vitória foi *o salário mínimo e o custo de vida de uma família em Conceição do Jacuípe*. Maria vinculou a escolha do tema, *análise do consumo de água*, àquele do projeto da escola, *meio ambiente*, pois foi decidido, pelos professores, coordenação e direção, que todas

---

<sup>1</sup> A professora refere-se a pesquisadora que esteve presente nas aulas destinadas ao desenvolvimento do ambiente de modelagem.

as disciplinas estariam envolvidas nesse tema. Assim, na decisão sobre o tema, ela também manteve uma proximidade com o que já realizava em sua sala de aula.

Apesar de Boli, inicialmente, não ter tido nenhuma ideia sobre um tema para trabalhar e não saber o que fazer, a conversa com a professora, ajudou-o a decidir um tema próximo ao contexto dos alunos, ou seja, alunos cujos pais eram consumidores de cestas básicas. Por sua vez, Maria e Vitória demoraram para decidir o tema, principalmente Vitória, que adiou por várias vezes o começo do desenvolvimento do ambiente de modelagem em suas aulas. Elas escolheram um tema que propiciasse o engajamento dos alunos na resolução de um problema proveniente do dia a dia, que fosse fácil para trabalhar, no caso dos alunos de Vitória, e estivesse próximo ao que elas faziam em suas práticas pedagógicas. No caso de Maria, o controle sobre a escolha do tema foi realizado pelas condições do contexto escolar, pois ela decidiu trabalhar um tema próximo àquele do projeto desenvolvido na escola.

Essa situação aconteceu quando eles estavam realizando o *planejamento do ambiente de modelagem*, sendo uma situação de tensão. Nesta situação, esteve presente o discurso para escolher um tema proveniente do dia a dia ou de outras disciplinas e outro discurso, relacionado a escolher um tema que fosse próximo das suas práticas pedagógicas e envolvessem os alunos. Esses discursos apresentaram características de discursos presentes nas práticas pedagógicas dos professores e de discursos trazidos para elas, constituindo a *tensão nos discursos* denominada *tensão da escolha do tema*. A preocupação com a decisão do tema no ambiente de modelagem foi evidenciada nas seguintes perguntas: Qual tema escolher? Como escolher um tema que envolva os alunos?

No caso de Vitória, a preocupação com a escolha do tema no momento em que planejava o ambiente de modelagem ocorreu, pois os alunos, na maioria das vezes, não tinham interesses pelas atividades realizadas nas aulas e ela considerou que, se o tema fosse do interesse deles, eles poderiam se interessar por elas. Essa preocupação de Vitória coincide com um dos argumentos postos na literatura, o de que professores se mostram interessados em implementar modelagem em suas aulas, porque vislumbram a possibilidade de os alunos se interessarem pelas aulas, favorecendo sua aprendizagem (DIAS; ALMEIDA, 2004; BARBOSA, 2001b, 2004).

No caso de Boli, a preocupação em decidir o tema relacionava-se ao interesse de que os alunos pudessem refletir sobre o que acontece no contexto em que eles vivem. Ou seja, Boli preocupou-se em trazer para aula de matemática uma situação que fazia parte da realidade deles: alunos que vão a escola por causa da merenda escolar e cujas famílias são

consumidoras de cestas básicas. O estudo de Gainsburg (2008) documentou que um dos objetivos apresentados pelos professores para trazerem situações com referência à realidade para aulas é mostrar a importância e a utilidade da matemática no mundo e na vida dos alunos. Esse objetivo foi apresentado por Boli para a escolha do tema.

Como é possível observar, ao trazer essa situação da realidade dos alunos, Boli a estruturou como uma atividade escolar com o propósito de os alunos entenderem a presença da matemática na compreensão das situações de seu dia a dia. Similarmente, Maria estruturou o ambiente de modelagem com o objetivo de mostrar aos alunos a utilidade da matemática no estudo do tema do projeto *meio ambiente* por meio da análise do consumo de água na escola e na casa dos alunos. Além disso, sua preocupação foi que o tema não envolvesse um conteúdo matemático complicado, para que os alunos conseguissem resolver as atividades.

Em decorrência dessas considerações, é possível afirmar que as justificativas dos professores sobre a escolha do tema já refletem o controle de como a modelagem foi recontextualizada em suas práticas pedagógicas. Eles foram agentes recontextualizadores que selecionaram temas que fossem próximos do que eles já realizavam em suas salas de aulas.

A escolha do tema foi condicionada pelos discursos presentes na prática pedagógica dos professores, operado pelo discurso pedagógico. De acordo com Bernstein (1990, 2000), o discurso pedagógico é um princípio que se apropria de discursos, colocando-os em uma relação especial entre si na prática pedagógica.

Nesta tensão, podemos observar que os professores posicionaram os temas aos discursos estabelecidos na prática pedagógica, os quais estavam relacionados à decisão pela escolha de um tema que não requeresse um conteúdo complicado para os alunos, fosse próximo do tema do projeto da escola e envolvesse os alunos. Portanto, como foi mencionado por Barbosa (2001), a implementação da modelagem depende das condições sociais da escola. Assim, quando a modelagem é movida pelo professor para sua prática pedagógica, por meio da recontextualização pedagógica, ela é posicionada às regras presentes e consolidadas no contexto escolar.

A literatura tem documentado que a inserção da modelagem nos contextos escolares ocorre pontualmente (NISS, BLUM; GALBRAITH, 2007; KAISER; MAAB, 2007; BLUM et al., 2002). Um dos motivos apresentados pelos professores são a organização da escola e suas rotinas estabelecidas e a relação com os demais pares (BARBOSA, 2002).

### 3.2.2 A tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica

Como foi a primeira vez que os professores desenvolveram o ambiente de modelagem em suas salas de aulas, eles decidiram realizá-lo em duas das quatro aulas semanais da disciplina Matemática. Assim, em paralelo, eles cumpriam os conteúdos programáticos estabelecidos na programação curricular.

Boli organizou uma sequência de atividades que seriam desenvolvidas no ambiente de modelagem pelos alunos. Cada aula dele foi planejada para ajudá-lo a operacionalizar a modelagem em sua prática pedagógica. Em termos bernsteinianos, ele planejou “o que falar” (classificação) e “como falar” (enquadramento), selecionando e sequenciando as atividades que os alunos desenvolveriam nas aulas. Ele trouxe para suas aulas uma situação referente ao dia a dia: como o salário mínimo custeia as despesas de uma família, tomando como referência a despesa com a cesta básica. Apesar de Boli trazer para sua prática pedagógica uma situação referente ao dia a dia, ele estruturou algumas atividades para os alunos trabalharem nas aulas, tais como o cálculo do valor da cesta básica nos diferentes mercados da cidade, do percentual de custo da cesta básica em relação ao valor do salário mínimo e das despesas de uma família.

Boli planejou apresentar o problema, discutir o tema, organizar os alunos em grupos, discutir e elaborar uma cesta básica juntamente com os alunos nas duas aulas iniciais. Na apresentação do tema, Boli discutiu algumas questões sobre o salário mínimo e a cesta básica com os alunos, os quais se envolveram ativamente na discussão, já que foi um tema próximo do contexto social deles e as famílias de muitos deles eram consumidoras de cestas básicas. Como os alunos se engajaram na discussão, Boli recorreu à professora para saber o que poderia fazer, já que eles desafiaram o controle do “como falar”, uma vez que trouxeram outros discursos relativos ao tema, mas situados fora do contexto escolar. Neste momento, Boli solicitou auxílio à professora para saber que questões poderia propor mais, pois sequenciou quatro questões para o momento da discussão do tema, e para saber em que momento organizaria os alunos em grupos. Além disso, ele percebeu uma alteração no ritmo de realização das atividades planejadas, pois sequenciou as atividades e o ritmo para desenvolvê-las nas duas aulas. O ritmo diz respeito ao tempo destinado a cada atividade da sequência planejada. Isso aconteceu no *envolvimento dos alunos na discussão do tema*, sendo uma situação de tensão. Nesta situação, dois discursos estiveram presentes, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica*. O primeiro discurso diz respeito a seguir a sequência das atividades planejadas

em sua prática pedagógica, tendo relação com a dinâmica realizada por Boli em suas aulas. Entretanto, o ambiente de modelagem alterou a dinâmica das aulas, uma vez que as atividades planejadas foram desenvolvidas em uma sequência e em um ritmo não apenas controlados por Boli, mas também pelos alunos. O segundo discurso está relacionado a como operacionalizar o planejamento no ambiente de modelagem. Assim, esta tensão foi constituída quando os alunos se envolveram ativamente na discussão do tema e ele precisou decidir o que perguntar aos alunos, em que momento organizá-los para resolver o problema, ou seja, como realizar a sequência e o ritmo das atividades planejadas na discussão do tema no ambiente de modelagem.

A tensão mencionada acima foi identificada no discurso do professor Boli quando ele indagou: “Pergunto agora os itens da cesta básica ou coloco os itens no quadro? Formo os grupos agora? Será que eu faço isso agora ou não?” Em termos de Bernstein (2000), que seleção, sequência e ritmo de comunicação devem ser utilizados na recontextualização da modelagem na prática pedagógica? O conceito de enquadramento é utilizado por Bernstein (1990, 2000) para determinar o controle sobre a seleção, sequenciamento, ritmo e critérios da comunicação para a produção de um texto legítimo na prática pedagógica. Assim, Boli ficou preocupado a respeito do controle sobre a comunicação no ambiente de modelagem, já que a dinâmica das aulas alterou o planejamento prévio das atividades.

Boli lidou com essa tensão, recorrendo à professora para ajudá-lo a decidir o que fazer primeiro, no seu planejamento, e em que ritmo realizá-lo. Cada aula destinada à realização do ambiente de modelagem foi planejada e discutida com a professora. Nas palavras de Boli: “Quando eu estou fazendo esse trabalho é sempre bom ter em mãos o que vamos fazer para não ficar perdido. Eu anoto o que vou fazer, mesmo que não aconteça, que deixe para outro dia, para o próximo encontro”. A preocupação com o planejamento é um indicativo de que Boli precisava ter clareza sobre como implementá-la em sua prática pedagógica.

A literatura tem apontado que professores se mostram cautelosos em utilizar a modelagem por causa da falta de clareza em relação à organização e à condução das atividades nas aulas (BARBOSA, 2004). Por sua vez, pesquisas mostram evidências de conhecimento pedagógico que é requerido quando professores decidem operacionalizar a modelagem em suas aulas (DOERR, 2006, 2007; DOERR; ENGLISH, 2006). Assim, essa tensão do sequenciamento e do ritmo, que foi manifestada quando a modelagem foi trazida pelos professores, pode requerer conhecimento pedagógico para implementá-la nas aulas, uma vez que os professores decidiram como lidar com novas situações em suas práticas

pedagógicas, tais como, lidar com as diversas respostas dos alunos e relacioná-las ao conteúdo matemático envolvido na resolução do problema.

Essa tensão também foi manifestada nos discursos das professoras Maria e Vitória, quando discutiram o tema com os alunos. Além disso, esta tensão foi identificada, quando elas planejaram uma sequência para as atividades que seriam realizadas nas aulas, mas acontecia alguma situação inesperada, por exemplo, os alunos se engajaram, de maneira inesperada, na discussão de uma das questões do problema ou não trouxeram as informações coletadas para resolver o problema. Diante disso, elas se perguntaram: que ritmo imprimir às atividades planejadas? O que fazer primeiro? Como continuar a sequência, quando ela é alterada por situações inesperadas? Adiante, discutirei a *tensão das situações inesperadas* identificadas nos discursos dos professores.

Nesta tensão, podemos observar a maneira como professor estabeleceu uma sequência e um ritmo para realizar as atividades planejadas no ambiente de modelagem, mas o envolvimento dos alunos alterou o controle estabelecido pelo professor, constituindo a tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica. Essa tensão requereu a produção de uma nova sequência e um novo ritmo para o ambiente de modelagem.

### 3.2.3 A tensão da participação<sup>2</sup> dos alunos

Maria preocupou-se em propor atividades no ambiente de modelagem que propiciassem a participação ativa dos alunos, tais como, fazê-los coletar os dados para a resolução do problema e participar das decisões sobre as atividades propostas. Assim, nas primeiras aulas, quando organizava os alunos para que analisassem o consumo de água nas contas da escola e de suas casas, ela ficou preocupada em envolvê-los na decisão da escolha dos itens a serem analisados nas contas. Em termos bernsteinianos, ela enfraqueceu o controle, permitindo que os alunos participassem da escolha de quais itens seriam selecionados para análise da conta de água. Diferentemente de Boli e de Vitória, que apresentaram o tema e o problema aos alunos e estruturaram algumas atividades para resolver o problema, Maria foi decidindo como analisaria as contas do consumo de água com os alunos no decorrer das aulas.

Essa decisão de Maria esteve relacionada à sua preocupação em compreender como o professor pode requerer a participação dos alunos no ambiente de modelagem, já que eles têm

---

<sup>2</sup> A palavra *participação* será utilizada para se referir ao envolvimento e engajamento dos alunos no ambiente de modelagem.

um papel ativo neste ambiente de aprendizagem, pois são requeridos a investigar problemas provenientes de situações do dia a dia ou de outras áreas do conhecimento, usando a matemática. Assim, eles terão que coletar dados, formular e/ou resolver problemas, tomar decisões sobre os pressupostos considerados para solucionar os problemas. Ela teve contato com essa ideias durante a sua formação em serviço.

Como foi a primeira vez que Maria desenvolveu a modelagem em suas aulas, ela não tinha referência de como conduzi-la em sala de aula, ou seja, ela tinha pouca *familiaridade*<sup>3</sup> com a modelagem, pois o contato com esse ambiente de aprendizagem ocorreu na sua formação em serviço. Assim, ela não tinha clareza sobre a operacionalização em sala de aula, já que em sua prática pedagógica, ela utilizava aulas expositivas para a abordagem dos conteúdos da disciplina e, em algumas oportunidades, trazia situações-problema que relacionavam a matemática ao dia a dia (ver seção 1.8.2). Portanto, quando Maria moveu a modelagem para sua prática pedagógica, ela ficou preocupada em propor atividades que propiciassem a participação dos alunos, aspecto abordado durante o seu contato com modelagem na formação em serviço.

Essa preocupação de Maria esteve relacionada ao papel do professor no ambiente de modelagem: mediador, sem centralizar o processo de ensino e aprendizagem no professor. Essa situação aconteceu na *organização dos alunos para realizar as atividades*, sendo uma situação de tensão. Nesta situação, a descontinuidade que constituiu a tensão nos discursos, denominada *participação dos alunos*, pode ser representada pelas questões: Como intermediar o ambiente de modelagem sem centrar o processo no professor? Como requerer a participação dos alunos? Essas questões evidenciam o isolamento entre a prática pedagógica de Maria que permeava o discurso de centrar o processo de ensino e aprendizagem no professor e o discurso do professor como mediador, vinculado ao ambiente de modelagem.

A presença desses discursos que apresentaram uma descontinuidade entre eles, constituiu a tensão nos discursos denominada *tensão da participação dos alunos*. Neste momento, ela teve que decidir como propor atividades que envolvessem os alunos para que eles participassem ativamente do ambiente de modelagem. Ela lidou com essa tensão propondo atividades que engajassem os alunos nas decisões em relação a elas e propiciassem sua participação.

---

<sup>3</sup> A noção de *familiaridade* é utilizada por Barbosa (2001, 2002) para expressar a relação dos professores com a modelagem.

A preocupação com o envolvimento dos alunos no ambiente de modelagem foi um dos dilemas documentado pela pesquisa de Blomhøj e Kjeldsen (2006). Esse dilema refere-se ao fato de o professor precisar posicionar-se entre direcionar os alunos, principalmente, na formulação e/ou resolução do problema ou estimulá-los a ter uma participação ativa e resolver autonomamente o problema.

Essa tensão também foi manifestada pontualmente nos discursos dos professores Boli e Vitória nos momentos em que eles observaram alguns alunos apresentando resistência para realizar as atividades do ambiente de modelagem. Em relação a Vitória, ela atribuiu sua preocupação com a implementação da modelagem aos alunos, pois eles apresentavam resistências às atividades realizadas em sua prática pedagógica. Assim, ela ficou preocupada se eles participariam, se eles conseguiriam fazer as atividades. Boli e Vitória utilizaram como estratégia, para envolver os alunos nas atividades, justificar a importância do tema para eles, já que o tema tinha relação com a vida dos alunos. Essa estratégia também foi utilizada pela professora do estudo de Oliveira, Campos e Silva (2009).

Como o ambiente de modelagem não era familiar para os alunos, essa estratégia foi usada pelos professores dos dois estudos como uma tentativa de legitimar, para os alunos, a presença de atividades dessa natureza em suas aulas. Como foi apontado no estudo de Gainsburg (2008), os professores têm apresentado como uma das justificativas para a utilização de situações vinculadas à realidade, em suas aulas, a necessidade de mostrarem aos alunos a importância e a utilidade da matemática no mundo e na sua vida.

A pesquisa de Chapman (2007) apresenta duas estratégias que professores utilizaram para engajar os alunos nas atividades de modelagem em sala de aula: abordar o processo de resolução de problemas nas aulas e integrar problemas na abordagem de tópicos da matemática. Essas estratégias foram as condições criadas pelos professores para favorecer o envolvimento dos alunos na realização das atividades.

Em termos bernsteinianos, o professor reconhece que o ambiente de modelagem requer outras formas de interações entre professor e alunos de maneira que viabilize a participação ativa dos alunos nas atividades propostas, alterando a classificação e o controle em sua prática pedagógica. Mas, como viabilizar essa participação? O que fazer? Essas questões estiveram presentes nos discursos dos professores e diz respeito à produção de um texto legítimo para realizar modelagem em suas práticas pedagógicas.



### 3.2.4 A tensão da abordagem das respostas dos alunos

Nas primeiras aulas, Boli e os alunos discutiram e elaboraram uma lista de produtos integrantes de uma cesta básica, a qual foi utilizada para a pesquisa de preços nos mercados da cidade. Entretanto, na pesquisa dos preços dos produtos, os alunos incluíram outros itens, alterando a composição da cesta básica elaborada em sala. Assim, no momento em que os alunos apresentaram as informações coletadas, isto é, o valor do custo da cesta básica pesquisado nos mercados, Boli observou que os grupos apresentaram diferentes tipos de cesta básica para serem discutidas em sala de aula. Essa situação de tensão foi o *lócus* da tensão nos discursos denominada *tensão da abordagem das respostas dos alunos*.

Na prática pedagógica do professor Boli, era comum a resolução de exercícios em que havia uma única resposta. Esta pode ser uma possível explicação, porque ele elaborou uma cesta para os alunos realizarem a pesquisa dos preços. Em termos bernsteinianos, Boli estruturou a elaboração da cesta básica como uma atividade já consolidada no contexto escolar, para a qual os alunos apresentavam uma solução. Por sua vez, no ambiente de modelagem, ele lidou com diferentes respostas dos alunos, pois os alunos desafiaram o controle estabelecido por Boli. Em vez de ocorrer uma variação nos preços dos produtos da cesta básica, já que os alunos pesquisaram os preços em diferentes mercados, ocorreu uma variação nos produtos da cesta básica, já que eles incluíram outros produtos à cesta elaborada em sala. Nesta situação, esteve presente o discurso para trabalhar com um tipo de cesta e outro discurso, relacionado a trabalhar com diferentes cestas. Esses discursos apresentaram uma descontinuidade que constituiu uma tensão, representada pelas perguntas: O que fazer para discutir as respostas dos alunos? Como intervir na abordagem das respostas dos alunos?

O estudo de Doerr e English (2006) mostra evidências de incertezas que uma professora apresentou em relação a como proceder para abordar as respostas dos alunos quando ela desenvolveu o ambiente de modelagem em suas aulas. Boli lidou com a incerteza de como abordar a questão das diferentes cestas básicas, recorrendo à professora para orientá-lo sobre o que poderia fazer, como poderia trabalhar as diferentes respostas apresentadas pelos alunos. Além disso, ele perguntou aos grupos que produtos foram incluídos e a necessidade de eles estarem na cesta básica. Os alunos justificaram a importância dos produtos e os mantiveram. Com isso, Boli discutiu com eles cada cesta elaborada.

Essa tensão também foi manifestada no discurso de Maria quando os alunos apresentaram suas respostas para os itens escolhidos da conta de consumo de água. Nesta situação, Maria ficou preocupada com a maneira como poderia responder a todas as escolhas

dos alunos, ou seja, como poderia intervir, discutir suas diferentes respostas. Essa tensão foi constituída em virtude da descontinuidade entre dois discursos: o primeiro, para comentar e dar resposta para cada escolha dos alunos e o segundo, para solicitar que os alunos discutissem os itens escolhidos. Essa descontinuidade foi identificada nas seguintes perguntas: Respondo as escolhas dos alunos ou os deixo discutir? Como discutir as respostas apresentadas pelos alunos? Como intervir quando os alunos apresentam suas respostas?

Maria lidou com essa tensão decidindo não discutir todas as escolhas dos alunos, mas os três itens mais escolhidos por eles para serem analisados com mais detalhes. Os três itens – consumo em  $m^3$ , parâmetros da qualidade da água e hidrômetro – foram os escolhidos para analisar o consumo de água e envolveu os alunos na decisão da atividade proposta.

A literatura tem identificado que uma dos conhecimentos pedagógicos requeridos quando professores utilizam a modelagem para ensinar matemática em suas práticas pedagógicas é lidar com as diversas respostas dos alunos e relacioná-las ao conteúdo matemático requerido na resolução dos problemas (DOERR, 2006, 2007; DOERR; ENGLISH, 2006).

Em termos bernsteinianos, os professores perceberam que precisavam discutir as respostas dos alunos no ambiente de modelagem, alterando a classificação e o controle em sua prática pedagógica. Mas, como discutir e abordar as respostas dos alunos? O que fazer? Essas questões estiveram presentes nos discursos dos professores e dizem respeito à produção de um texto legítimo para realizar a modelagem em suas práticas pedagógicas.

### 3.2.5 A tensão da interação com os alunos

Na apresentação da discussão do tema, Vitória percebeu que os alunos se envolveram de maneira inesperada na discussão, fazendo-a prolongar a apresentação do tema, a qual considerava que seria relativamente rápida, pois ela tinha planejado fazer o convite e continuar a abordagem do conteúdo matemático, iniciado nas aulas anteriores. Ou seja, Vitória organizou parte da aula para fazer o convite referente ao ambiente de modelagem e outra parte da aula para continuar cumprindo o conteúdo matemático da programação curricular. Assim, ela apresentou algumas perguntas e os alunos responderam. Em seguida, os alunos propuseram outras questões e ela percebeu que precisava continuar propondo mais questões. Em vista disso, o que poderia perguntar mais? Como continuar discutindo o tema? Como interagir com os alunos na apresentação do tema?

Essa situação aconteceu no *envolvimento dos alunos na discussão do tema*, sendo uma situação de tensão. Nesta situação, esteve presente o discurso para fazer o convite e continuar a sua aula tradicional e outro discurso, relacionado a continuar discutindo o tema e prosseguir com a realização da modelagem na aula, pois os alunos se engajaram na discussão do tema, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão da interação com os alunos*.

Em termos bernsteinianos, ela selecionou “o que falar” e “como falar” no momento que apresentou o tema para os alunos. Mas os alunos desafiaram o controle do “como falar”, uma vez que trouxeram outros discursos de fora do contexto escolar para discutir o tema. Assim, Vitória estruturou o ambiente de modelagem como uma atividade escolar, para a qual selecionou as questões de que falaria e as respostas que apresentaria para os alunos. Como ela precisava continuar cumprindo o conteúdo programático, esta pode ser uma possível explicação porque ela controlou o momento do convite no ambiente de modelagem. Nesta situação, podemos observar que o professor, como um agente do discurso pedagógico, recoloca o ambiente de modelagem nos discursos consolidados na prática pedagógica atendendo as regras presentes.

Para lidar com essa tensão, após apresentar o convite, como ela não soube o que poderia perguntar mais, ela o interrompeu e continuou a trabalhar o conteúdo que começou a abordar na aula anterior. Entretanto, na entrevista, na qual falou sobre o momento do convite, ela comentou que poderia ter feito de maneira diferente: fazer o convite e propor atividades para os alunos trabalharem sobre o tema. Essa reflexão de Vitória sobre a discussão do tema no ambiente de modelagem apresenta indícios de mudança em relação a como conduzir atividades desta natureza. Ou seja, ela reconhece que a condução dessas atividades não poderia ocorrer como fazia nas suas aulas tradicionais.

Essa tensão também ocorreu no *planejamento do ambiente de modelagem*, especificamente, no planejamento da aula que discutiria as informações coletadas pelos alunos. Vitória ficou preocupada em como discutir as informações apresentadas pelos alunos sobre o problema. Assim, ela recorreu à professora para esclarecer o que poderia perguntar, como elaboraria e apresentaria as questões, ou seja: as perguntas elaboradas seriam feitas a partir das informações que os alunos apresentassem ou ela teria que elaborar algumas questões sem considerar essas informações? Em termos bernsteinianos, Vitória ficou preocupada com o controle sobre a comunicação na interação com os alunos, quando eles apresentassem as informações coletadas: se fortalecia o enquadramento propondo questões ou

enfraquecia o enquadramento, formulando questões a partir das informações trazidas pelos alunos.

As discontinuidades que constituíram essa tensão da interação com os alunos foram identificadas nas seguintes questões: Como fazer o convite? O que perguntar aos alunos sobre o tema? Faço perguntas aos alunos sobre o tema ou o apresento a eles? Como interagir com os alunos na discussão do tema? O que perguntar aos alunos sobre as informações coletadas? Como discutir as informações coletadas pelos alunos, fazendo perguntas orais ou apresentando-as por escrito?

Em termos bernsteinianos, essas questões estão relacionadas a reconhecer a produção de um texto adequado ao contexto, no caso, os momentos da discussão do tema e das informações coletadas pelos alunos. De acordo com Bernstein (2000), a classificação e o enquadramento criam regras de reconhecimento e de realização, respectivamente, que permitem o reconhecimento da especificidade de um contexto, os significados que são relevantes para a produção do texto legítimo para cada contexto específico.

Essa tensão também foi manifestada no discurso do professor Boli quando os alunos se envolveram na discussão do tema. Ele elaborou algumas questões para apresentar o tema, mas a dinâmica que os alunos imprimiram na discussão, participando ativamente, alterou o “como falar”, fazendo-o perceber a continuidade da discussão do tema. Assim, ele reconheceu que precisava fazer mais perguntas. Mas, quais perguntas ele poderia fazer mais? Nessa situação, ele recorreu à professora para ela propor alguma questão a turma, ajudando-o na discussão do tema. Além disso, tentou prosseguir com as atividades planejadas.

A literatura tem identificado conhecimento pedagógico requerido quando professores utilizam modelagem para ensinar matemática em suas práticas pedagógicas, dentre os documentado pelas pesquisas, está o conhecimento pedagógico para interagir com os alunos, propondo perguntas para esclarecer e promover a compreensão dos problemas (DOERR, 2006, 2007; DOERR; ENGLISH, 2006).

### 3.2.6 A tensão da intervenção do professor

Maria percebeu que os alunos não resolveram as questões relacionadas ao gasto de água em atividades domésticas, porque eles tiveram dificuldades para utilizar o conteúdo matemático requerido na sua resolução, ou seja, eles não compreenderam qual conteúdo matemático que poderia ser utilizado para resolvê-las. Esta situação aconteceu quando eles estavam resolvendo as questões relacionadas ao problema, sendo uma situação de tensão.

Nesta situação, Maria ficou preocupada se poderia intervir para orientá-los na resolução das questões, pois pensou que os deixaria resolverem sozinhos as questões, cabendo a ela observá-los. Ela sabia que poderia orientá-los, mas até que ponto essa intervenção não os direcionaria na resolução das questões? Como ela poderia intervir de maneira que propiciasse seu engajamento na resolução? Em sua prática pedagógica, quando os alunos apresentavam dificuldades na realização das atividades, ela explicava como eles poderiam resolver. Mas, no ambiente de modelagem, como ela poderia intervir? Maria reconheceu que os alunos têm um papel ativo no processo de resolução do problema no ambiente de aprendizagem. Como foi mencionado na seção 3.2.3, foi documentado, pela pesquisa de Blomhøj e Kjeldsen (2006), como um dilema para os professores, o fato de ele direcionar os alunos, principalmente, na formulação e/ou resolução do problema ou estimulá-los a ter uma participação ativa e resolver autonomamente o problema.

Na resolução das questões do problema do gasto de água, esteve presente o discurso para explicar como fazer as questões aos alunos e outro discurso, relacionado a deixar que eles as resolvam sozinhos. Esses discursos apresentaram características de discursos presentes nas práticas pedagógicas dos professores e de discursos trazidos para elas, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão da intervenção do professor*. Após conversa com a professora, a qual esclareceu que ela poderia orientar os alunos nas dificuldades que apresentassem durante a resolução, Maria foi à lousa e explicou como eles resolveriam uma das questões. Assim, ela lidou com essa tensão da mesma maneira que fazia em sua prática pedagógica, quando os alunos tinham alguma dificuldade na resolução das atividades: mostrar aos alunos como fazer para resolver a questão proposta.

Em termos bernsteinianos, Maria quis saber que texto legítimo poderia ser produzido para orientar os alunos de maneira a possibilitar seu envolvimento na resolução do problema. Ou seja, o que é permitido falar (classificação) e como falar (enquadramento) na intervenção do professor no ambiente de modelagem.

Essa tensão também foi manifestada no discurso da professora Vitória, quando os alunos estavam envolvidos na discussão da quantidade dos itens de uma cesta básica para famílias com 4, 6 e 8 pessoas. Durante a discussão, os alunos tiveram que considerar o parâmetro do salário mínimo para decidir as quantidades, mas utilizaram como parâmetro o salário deles. Nesta situação, Vitória ficou preocupada e assustada com a discussão de um grupo sobre a quantidade de carne da cesta básica para uma família com 6 pessoas, porque a discussão se prolongou até quase o final da primeira aula, preocupando-a em relação ao tempo

que levariam para concluir a atividade. Diante disso, ela ficou preocupada: como poderia intervir? Como intervir quando os alunos se engajam na resolução do problema?

Em termos bernsteinianos, Vitória enquadrou as atividades de modelagem no tempo escolar para desenvolvê-las. Ela planejou para cada aula a realização de uma das atividades planejadas. Como os alunos se envolveram na discussão de uma delas além do tempo previsto, desafiando o controle sobre o tempo destinado para a realização da atividade, ela ficou preocupada como iria conseguir realizá-la durante a aula. Nesta situação, podemos observar como os agentes posicionados, no caso, os alunos, desafiaram a dinâmica da aula planejada por Vitória, mas a organização da escola, o tempo escolar para o professor realizar suas atividades, foram os agentes que atuaram para controlar como o ambiente de modelagem se posicionaria as regras presentes e consolidadas nas práticas pedagógicas.

Para lidar com essa tensão, além de recorrer à professora para dizer o que estava acontecendo, ela explicou aos alunos que eles precisavam considerar o parâmetro do salário mínimo para decidir os itens da cesta básica. Após essa intervenção, os alunos conseguiram chegar a um acordo sobre as quantidades e a atividade foi concluída no período da aula como foi planejado por Vitória.

O estudo conduzido por Leiß (2005), sobre as intervenções que professores fazem quando os alunos resolvem o problema no ambiente de modelagem, indica que as intervenções têm ajudado os alunos a compreender o problema, a obter informações sobre ele e a refletir sobre os seus processos de resolução do problema.

Assim, a tensão da intervenção do professor esteve relacionada à produção de um texto legítimo para o professor orientar os alunos na resolução do problema no ambiente de modelagem em suas práticas pedagógicas, seja na compreensão do problema ou na utilização do conteúdo matemático para resolver o problema, seja no esclarecimento dos parâmetros considerados no problema.

### 3.2.7 A tensão da abordagem do conteúdo matemático

Os professores perceberam que os alunos apresentaram dificuldades para usar os conteúdos matemáticos para resolver os problemas. Essa situação ocorreu quando eles acompanhavam os alunos envolvidos na resolução dos problemas, sendo uma situação de tensão. Nesta situação, os professores quiseram saber como abordar o conteúdo matemático no ambiente de modelagem. Ou seja, em que momento ocorreria a abordagem do conteúdo no ambiente de modelagem: antes ou durante. Os alunos tiveram dificuldades para utilizar

conteúdos previamente estudados ou novos na resolução dos problemas e os professores tiveram que decidir como abordar o conteúdo matemático, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão da abordagem do conteúdo matemático*. Diante disso, como trabalhar antigos e novos conteúdos matemáticos no ambiente de modelagem? Em outras palavras, os professores quiseram saber como o conteúdo matemático pode ser trabalhado quando eles trazem problemas provenientes de situações do dia a dia para suas práticas pedagógicas.

Essa questão da abordagem do conteúdo matemático foi indicada pelo estudo de Antonius et al. (2007) como um dilema para professores decidirem em qual momento trabalharem o conteúdo matemático no ambiente de modelagem: antes, durante ou depois.

No caso de Boli, ele percebeu que os alunos apresentaram cálculos incorretos quando calcularam o valor da cesta básica nos diferentes mercados da cidade e o percentual do custo da cesta básica em relação ao valor do salário mínimo e das despesas de uma família. Nessas atividades, os conteúdos matemáticos requeridos para resolvê-las foram porcentagem e regra de três. Além disso, ele tentou trabalhar com gráficos na representação do percentual do custo da cesta básica elaborada em sala e da cesta básica proposta pelo governo, mas, como os cálculos dos alunos estavam incorretos, ele adiou a elaboração dos gráficos e trabalhou com as dificuldades dos alunos para fazer os cálculos com porcentagem e regra de três.

Em relação a Maria, os alunos não conseguiram resolver as atividades relativas à análise do consumo de água, pois eles não compreenderam como utilizar os conteúdos requeridos, no caso, volume e capacidade, na resolução do problema. Quando ela acompanhava os grupos desenvolvendo as atividades, percebeu que todos os grupos pararam ou não as fizeram, pois não souberam o que fazer e como utilizar o conteúdo para resolvê-las. Ela recorreu à professora para saber como poderia orientar os alunos diante das dificuldades apresentadas na resolução do problema. Como a professora conversou com Maria e lhe explicou que poderia intervir de maneira a orientá-los nas dificuldades e no esclarecimento do problema, ela foi à lousa e explicou-lhes como resolver uma das questões do problema.

Em relação a Vitória, os alunos resolveram as atividades relativas ao problema, utilizando o conteúdo que ela tinha abordado anteriormente ao início do ambiente de modelagem, no caso, porcentagem. Uma possível explicação é que os alunos perceberam o problema apresentado por Vitória como mais uma atividade escolar e utilizaram o conteúdo estudado para resolvê-lo.

Em sua prática pedagógica, Vitória utilizava um esquema linear na abordagem dos conteúdos matemáticos: apresentação de conceitos e técnicas matemáticas – exemplos –

exercícios. Skovsmose (2000, 2001) caracteriza essa prática pedagógica presente nas aulas de Matemática como *paradigma do exercício*. Nele, cabe ao professor a apresentação de conceitos e técnicas matemáticas e exemplos, e aos alunos, a resolução de exercícios.

Como Vitória não sabia *a priori* o conteúdo matemático que seria utilizado na resolução do problema, ela ficou preocupada como poderia ocorrer a abordagem do conteúdo matemático no ambiente de modelagem. Estudos apontam que professores se mostram preocupados em utilizar modelagem por causa da insegurança em relação ao conteúdo matemático que devem usar para resolver os problemas (ALMEIDA, 2004; DIAS; ALMEIDA, 2004).

Vitória tentou abordar outros conteúdos durante a resolução do problema, como gráficos, mas os alunos tiveram dificuldade em construí-los a partir das informações coletadas sobre o problema. Ela percebeu a possibilidade de abordar o conteúdo de funções, mas ficou preocupada como poderia fazer isso, já que eles não tinham tido contato anteriormente com o conteúdo. Assim como Vitória, Boli também sustentou a posição que os alunos precisam conhecer os conteúdos que serão utilizados para resolver os problemas, porque eles perceberam que os alunos tiveram dificuldades na utilização de novos conteúdos na abordagem do problema. Boli percebeu que, ao trazer a modelagem para sua prática pedagógica, ocorreu um atraso na abordagem dos conteúdos programáticos estabelecidos na programação curricular. Diante disso, ele tentou trabalhar um dos conteúdos da programação, no caso, funções, durante a realização do ambiente de modelagem.

Após os professores perceberem que os alunos não resolveriam o problema, pois eles tiveram dificuldades em usar o conteúdo matemático ou não entenderam o que fariam para resolvê-lo, no caso de Boli e Maria, eles abordaram os conteúdos matemáticos requeridos para resolver os problemas.

Em termos bernsteinianos, os professores trabalharam com problemas provenientes de situações do dia a dia e os alunos tiveram dificuldades em usar o conteúdo matemático ou não entenderam como poderiam resolver os problemas, porque eles não reconheceram qual texto legítimo deveria ser utilizado e, consequentemente, não produziram o texto para solucionar os problemas. Apesar de os problemas referentes a situações do dia a dia mobilizarem outros discursos de fora da disciplina matemática para as aulas, alterando “o que falar”, os professores estruturaram-nos como atividades escolares para a abordagem do conteúdo matemático, mantendo o controle sobre “como falar”. Assim, eles posicionaram a modelagem



em suas práticas pedagógicas com o propósito de trabalhar conteúdos matemáticos. Mas como abordá-los no ambiente de modelagem?

### 3.2.8 A tensão das situações inesperadas

Os professores planejaram algumas atividades para desenvolver a modelagem em suas práticas pedagógicas. Essas atividades foram planejadas e estruturadas para serem realizadas em duas das quatro aulas semanais da disciplina Matemática. Todas as atividades contribuíram para resolver os problemas com referência às situações do dia a dia. Entretanto, situações inesperadas ocorreram, alterando a sequência e o ritmo das atividades planejadas, constituindo a tensão nos discursos denominada *tensão das situações inesperadas*.

As situações inesperadas ocorreram na realização das atividades planejadas e interromperam a sequência e o ritmo das aulas. Por exemplo, apesar de os alunos se terem envolvidos com as atividades, eles não trouxeram as informações para resolver o problema; alunos apresentaram interesses inesperados; alunos tiveram dificuldades para usar conteúdos já estudados para resolver o problema; os professores planejaram abordar um novo conteúdo, mas os alunos fizeram cálculos incorretos, adiando a abordagem do conteúdo.

Nessas situações, a constituição da tensão das situações inesperadas esteve relacionada à descontinuidade entre discursos presentes nas práticas pedagógicas dos professores: um discurso relacionado ao propósito de seguir a sequência e o ritmo das atividades previstas no planejamento e outro discurso relacionado a como lidar com as situações imprevistas. Como os professores não estavam familiarizados com o ambiente de modelagem, no sentido de perceber que essas situações inesperadas podem ocorrer neste ambiente de aprendizagem, uma vez que a modelagem é uma atividade de natureza aberta, para a qual não há estratégias *a priori* a serem seguidas para a resolução de problemas provenientes de situações do dia a dia, eles se dirigiram à professora para saber o que poderiam fazer quando elas interromperam a sequência e ritmo das aulas. Além disso, os professores tentaram lidar com elas fazendo alguma ação já realizada em suas práticas pedagógicas. Uma possível explicação é que os professores trouxeram a previsibilidade presente nas práticas pedagógicas da tradição da matemática escolar para estruturar as atividades desenvolvidas no ambiente de modelagem.

Como foi mencionado por Penteado (2001), no ensino tradicional, prevalece a zona de conforto, em que as ações do professor e dos alunos são praticamente previsíveis. Apesar de os professores terem planejado e estruturado as atividades no ambiente de modelagem, situações inesperadas ocorreram, interrompendo a previsibilidade das atividades planejadas,

dirigindo-os para uma zona de risco. Diante disso, eles se dirigiram à professora para saber o que fazer e como fazer para lidar com estas situações inesperadas que desafiaram o planejamento prévio. Além disso, Boli e Vitória leram artigos e relatos de experiências sobre modelagem para ajudá-los na implementação deste ambiente de aprendizagem em suas práticas pedagógicas.

A literatura tem documentado que um dos conhecimentos pedagógicos requeridos, quando professores utilizam modelagem para ensinar matemática em suas práticas pedagógicas, é conhecimento pedagógico para eles lidarem com abordagens inesperadas dos alunos na resolução do problema (DOERR, 2006, 2007; DOERR; ENGLISH, 2006). Em termos bernsteinianos, os professores estabeleceram uma sequência e um ritmo para as atividades planejadas, estruturando possibilidades para o “como falar”, organizando as interações entre professor e alunos em sala de aula. Mas situações inesperadas ocorreram, interrompendo o planejamento das atividades. Os professores reconheceram que precisavam produzir um texto legítimo (o que falar) para lidar com essas situações, pois eles não souberam o que fazer e como fazer.

Assim, eles se dirigiram a professora e buscaram artigos e relatos de experiências sobre modelagem para produzir o texto legítimo (como falar) para lidar com as situações inesperadas. Essas considerações podem ser entendidas como reconhecimento da especificidade do contexto (regras de reconhecimento) para a produção do texto legítimo (regras de realização). Entretanto, eles realizaram algumas ações que já utilizavam em suas práticas pedagógicas para lidar com essas situações e prosseguir a sequência e ritmo das atividades planejadas no ambiente de modelagem.

### 3.3 UMA SISTEMATIZAÇÃO PARA AS TENSÕES NOS DISCURSOS

Ao analisar os discursos dos professores, foi possível observar que as *tensões nos discursos* foram manifestadas pelas contradições, rupturas e dilemas constituídos por conta da descontinuidade entre os discursos já consolidados na prática pedagógica e o discurso sobre modelagem. As tensões foram identificadas quando os professores tiveram que decidir o que fazer e como fazer no momento em que implementaram a modelagem matemática em suas práticas pedagógicas.

Ao analisar a prática pedagógica dos professores em modelagem, foi possível observar que oito tensões se manifestaram que podem ser agrupadas em três dimensões: no

*planejamento das ações*, nas *ações da prática pedagógica* e a na *abordagem das ações dos alunos*. Essas dimensões representam a forma como o professor planeja e desenvolve sua prática pedagógica e a interação com seus pares e os alunos. A seguir, relaciono as oito tensões identificadas às três dimensões da prática pedagógica em modelagem para apresentar uma explicação para o objeto de pesquisa mencionado no início do capítulo.

A primeira dimensão, *planejamento das ações*, refere-se aos momentos em que os professores planejaram o que mover e como mover o discurso sobre modelagem, com que eles tiveram contato em sua formação em serviço<sup>4</sup>, para suas práticas pedagógicas. Assim, decidiram o tema e o problema com referência ao dia a dia para trabalhar com os alunos. Dentre as modalidades de configuração curricular da modelagem, documentadas por Barbosa (2001a, 2001b, 2003a, 2006), eles optaram pelo *caso 2*, ou seja, apresentaram um problema proveniente do cotidiano e os alunos coletaram informações para resolvê-lo. Entretanto, os professores estruturam algumas atividades para abordar o problema. Ou seja, os professores apresentaram um problema aos alunos e organizaram algumas atividades para eles o abordarem. Ao fazer a estruturação das atividades para trabalhar o problema, os professores exerceram o controle sobre o que e sobre como o problema poderia ser abordado. Uma possível explicação é que a elaboração das atividades para abordar o problema possibilitou aos professores maior segurança para trabalhar com problemas envolvendo situações do dia a dia, já que não há estratégias *a priori* a serem seguidas para resolvê-los. Portanto, eles planejaram, em termos bernsteinianos, o que falar e como falar na recontextualização da modelagem.

Nessa dimensão, foi identificada a constituição da tensão da escolha do tema nos discursos dos professores, no momento em que eles realizaram o planejamento do ambiente de modelagem e decidiram o tema e, em decorrência, o problema. Essa tensão foi manifestada nos discursos pelas perguntas: Qual tema escolher? Como escolher um tema que envolva os alunos? A escolha do tema foi controlada pelos discursos presentes nas práticas pedagógicas, os quais posicionaram a decisão do tema a alguns fatores: envolver os alunos e justificar a presença da matemática em suas vidas, pois eles apresentavam resistências às atividades realizadas nas aulas; relacionar o tema ao projeto que a escola desenvolvia; não envolver um conteúdo complicado para que os alunos possam resolver o problema.

Em decorrência dessas considerações, é possível afirmar que a tensão manifestada nesta dimensão da prática pedagógica em modelagem esteve relacionada aos mecanismos de

---

<sup>4</sup> Ver com mais detalhes na seção 1.7 no primeiro capítulo.

poder e controle subjacente às ações e aos discursos dos professores, quando escolheram o tema proveniente de uma situação do dia a dia, pois eles se decidiram por temas próximos ao que já faziam em suas práticas pedagógicas. Esses mecanismos referem-se às regras presentes no contexto escolar, bem como na prática pedagógica, que operados pelo discurso pedagógico, apropriaram-se do tema e o recolocaram no ambiente de modelagem, posicionando-o aos discursos já consolidados e legitimados neste contexto. Bernstein (1990, 2000) apresenta o conceito de discurso pedagógico para se referir ao princípio que se apropria de discursos, posicionando-os nas regras presentes no contexto escolar. Nesta tensão, podemos observar que o tema extraído do dia a dia foi recolocado de maneira a ser um discurso legítimo nos contextos escolares dos professores.

Em relação à segunda dimensão, *ações da prática pedagógica*, ela se refere aos momentos em que os professores realizaram ações para implementar o ambiente de modelagem em suas práticas pedagógicas. Em termos bernsteinianos, tais ações dizem respeito a seleção, sequência, ritmo e critérios da comunicação na implementação da modelagem nas aulas. Ou seja, aos momentos em que eles decidiram quais perguntas fazer aos alunos e como fazê-las na apresentação do tema e das informações coletadas; estabeleceram uma sequência e ritmo, de maneira a viabilizar a realização das atividades planejadas para a resolução do problema; estabeleceram critérios para propiciar a participação dos alunos; retomaram conteúdos matemáticos anteriormente trabalhados, bem como abordaram novos conteúdos e lidaram com diferentes respostas dos alunos e com situações inesperadas.

Nessa dimensão, foi identificada a constituição das seguintes tensões nos discursos: a tensão do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica, a tensão da participação dos alunos, a tensão da abordagem das respostas dos alunos, a tensão da abordagem do conteúdo matemático e a tensão das situações inesperadas. Assim, essas tensões foram identificadas nos discursos dos professores nos momentos em que eles realizaram ações para implementar a modelagem em suas práticas pedagógicas e decidiram o que falar e como falar na recontextualização do ambiente de modelagem. Os professores perceberam que a dinâmica das aulas foi alterada com a presença da modelagem, requerendo a produção de textos legítimos para trabalhar problemas provenientes de situações do dia a dia. Essa alteração foi percebida quando os professores tiveram que mudar as ações planejadas para implementar a modelagem em suas aulas. Assim, os professores organizaram o que falar e como falar na apresentação do tema e do problema, bem como na resolução do problema, mas os alunos

desafiaram o controle do como falar, apresentando outros discursos que requereram outras ações do professor. Essas tensões foram manifestadas nos discursos dos professores, sendo representadas pelas questões: Como sequenciar as atividades planejadas? Como continuar a sequência, quando é alterada por situações inesperadas? Como requerer a participação dos alunos? Como discutir as repostas dos alunos? Como intervir na abordagem das respostas dos alunos? Como abordar o conteúdo matemático? Em que momento fazer a abordagem do conteúdo matemático no ambiente de modelagem?

Em decorrência dessas considerações, é possível afirmar que as tensões manifestadas nesta dimensão da prática pedagógica em modelagem estiveram relacionadas ao controle da comunicação e à produção de textos legítimos para lidar com as alterações na dinâmica das aulas. Os conceitos de classificação e enquadramento utilizados por Bernstein (1990, 2000) permitem analisar a prática pedagógica em termos da alteração do que pode ser dito, no caso da classificação, pois ela estabelece o conteúdo da comunicação e a maneira como este pode ser dito, no caso do enquadramento, pois ele estabelece as formas de comunicação.

Os professores estruturam o ambiente de modelagem como uma atividade escolar, selecionando e sequenciando as atividades para abordar o problema oriundo de uma situação do dia a dia. Assim, eles estiveram controlando o modo como a modelagem seria posicionada em suas práticas pedagógicas, mas os alunos desafiaram o controle quando participaram e apresentaram discursos externos ao contexto escolar. Nestes momentos, em termos bernsteinianos, os professores reconheceram a especificidade do contexto, requerendo novas ações para realizar a modelagem em suas práticas pedagógicas, bem como a produção de textos legítimos.

Em relação à terceira dimensão, *abordagem das ações dos alunos*, ela se refere aos momentos em que os professores realizaram ações para interagir com os alunos no ambiente de modelagem. Neste ambiente, ocorre o encontro dos alunos com o professor e o dos alunos com os alunos para a discussão das atividades, denominado por Barbosa (2007a) *espaços de interação*. Ou seja, os momentos em que os professores interagiram com os alunos na discussão do tema e das informações coletadas, na apresentação das respostas dos alunos e na resolução do problema.

Em termos bernsteinianos, diz respeito às formas de comunicação nos espaços de interação, ou seja, o que falar (classificação) e como falar (enquadramento) para orientar os alunos de maneira a envolvê-los na resolução do problema. Além disso, diz respeito também à abordagem das ações dos alunos, quando eles reagem às atividades propostas. As regras de

reconhecimento e de realização, respectivamente, relacionadas aos conceitos de classificação e de enquadramento, como foi discutido por Bernstein (1990, 2000), permitem o reconhecimento da especificidade de um contexto e dos significados que são relevantes para a produção de um texto legítimo. Assim, os professores perceberam que precisavam produzir um texto que propiciasse o envolvimento dos alunos quando eles se engajaram na discussão do problema.

Nessa dimensão, foi identificada a constituição da tensão da interação com os alunos e da tensão da intervenção do professor. Essas tensões foram identificadas na interação entre professor e alunos, sendo representadas pelas questões: Como interagir com os alunos na discussão do tema? O que perguntar aos alunos sobre as informações coletadas? Como discutir as informações coletadas pelos alunos, fazendo perguntas orais ou apresentando-as por escrito? Como intervir quando os alunos se envolvem na resolução do problema? Em termos bernsteinianos, essas questões estão relacionadas a reconhecer a produção de um texto adequado aos momentos da discussão do tema, das informações coletadas pelos alunos e da resolução do problema.

Em decorrência dessas considerações, é possível afirmar que as tensões manifestadas nesta dimensão da prática pedagógica em modelagem estiveram relacionadas à produção de textos legítimos na interação com os alunos, uma vez que os alunos se engajaram de maneira inesperada nas atividades, desafiaram o controle do como falar trazendo outros discursos para as aulas, conseqüentemente, alterando os valores da classificação e do enquadramento, ou seja, estiveram presentes outros discursos além do discurso da matemática escolar, bem como as formas de comunicação entre professores e alunos na abordagem do problema proveniente de uma situação do dia a dia. Assim, os professores perceberam que a interação entre professor e alunos foi alterada no ambiente de modelagem, demandando a produção de textos legítimos para lidar com as ações dos alunos.

Portanto, as tensões manifestadas nos discursos, pelos professores, aconteceram em três dimensões da prática pedagógica em modelagem, apresentando evidências de descontinuidades entre os discursos já consolidados nela e o discurso sobre modelagem. Essas tensões são resultados do isolamento que o discurso sobre modelagem apresenta em relação aos discursos presentes na prática pedagógica. A seguir, estão esquematizadas, no Quadro 3.3, as três dimensões da prática pedagógica em modelagem e as tensões nos discursos.

Quadro 3.3 – Relação entre as dimensões da prática pedagógica em modelagem e as tensões nos discursos

DIMENSÕES DA PRÁTICA PEDAGÓGICA EM MODELAGEM	TENSÕES NOS DISCURSOS
Planejamento das ações	Escolha do tema
Ações da prática pedagógica	Sequenciamento e ritmo da prática pedagógica Participação dos alunos Abordagem das respostas dos alunos Abordagem do conteúdo matemático Situações inesperadas
Abordagem das ações dos alunos	Interação com os alunos Intervenção do professor

Os resultados apontam que trazer a modelagem para a prática pedagógica é um processo controlado por agentes (professores, alunos, organização da escola, etc.) que atuam quando ela é posicionada nos discursos já estabelecidos e legitimados no contexto escolar. Além disso, houve evidências, nos discursos dos professores, de que o discurso sobre modelagem requereu a produção de ações, estratégias e intervenções na recontextualização deste discurso na prática pedagógica dos professores.

Nesta tese, inspirei-me nos conceitos da teoria dos códigos de Bernstein (1990, 2000) na construção da noção teórica *tensões nos discursos* com o propósito de compreender a maneira como professores as manifestaram quando implementaram a modelagem em suas práticas pedagógicas.

Bernstein (1990, 2000) utiliza o conceito de classificação para se referir às fronteiras entre categorias que podem ser, por exemplo, discursos, práticas. Essas fronteiras são criadas por relações de poder que estabelecem o conteúdo da comunicação. Assim, o isolamento entre as categorias é mantido pelas relações de poder. Quanto mais uma categoria é isolada de outra categoria, mais especializado é o seu conteúdo. Portanto, os discursos já estabelecidos e consolidados na prática pedagógica e os discursos movidos para ela apresentam um isolamento por conta das relações de poder entre eles, sendo descontínuos.

A descontinuidade entre os discursos constitui as *tensões nos discursos*, sendo manifestadas neles pelas contradições, rupturas e dilemas, por conta do espaço entre os discursos. De acordo com Bernstein (2000), “o princípio de classificação cria ordem, e as contradições, rupturas e dilemas que necessariamente são inerentes ao princípio de classificação são suprimidas pelo isolamento” (p. 7). Assim, as tensões são identificadas nos discursos dos professores, quando eles decidem *o que pode ser dito e como pode ser dito* em sua prática pedagógica em relação ao discurso movido.

A noção teórica, *tensões nos discursos*, traz um elemento novo para a teoria dos códigos que é a descontinuidade nos discursos. Esse aspecto não é abordado por Bernstein (1990, 2000), apesar de ser uma preocupação dele entender como o texto é construído, distribuído, adquirido e avaliado, no que se refere à presença de diferentes textos na prática pedagógica. Essa noção teórica possibilita compreendermos o que acontece nos discursos produzidos pelo indivíduo quando ele move discursos para a prática pedagógica e quais as relações que se estabelecem (ou não) com os discursos já consolidados nela.



## CAPÍTULO 4

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, retomo o problema de pesquisa, trazendo uma explicação para o fenômeno estudado, as *tensões nos discursos* que se manifestaram quando professores implementaram a modelagem matemática em suas práticas pedagógicas. A expressão *tensões nos discursos*, baseada nos aportes da teoria de Bernstein (1990, 2000), foi a noção teórica construída para compreender a maneira como os professores se manifestaram quando trouxeram a modelagem para suas aulas. Por fim, apresento algumas implicações dos resultados da pesquisa para a área de Educação Matemática e de Ensino de Ciências, bem como para a prática pedagógica dos professores, além de discutir as limitações desta pesquisa.

#### 4.1 RETOMADA DO PROBLEMA DE PESQUISA

“Pesquisei para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade” (p. 32). Estas palavras de Freire (2000) traduzem o que pretendo fazer nesta seção: comunicar os resultados da pesquisa. No capítulo anterior, articulei dados, literatura e perspectiva teórica para discutir as *tensões nos discursos* dos professores. Nesta seção, sintetizo, em linhas gerais, as compreensões que construí acerca da pergunta norteadora da pesquisa: *Como os professores manifestam tensões nos discursos na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas?*

Os professores participantes da pesquisa tiveram contato com a modelagem durante a formação em serviço. Neste contexto, eles fizeram modelagem por eles mesmos e a trouxeram, pela primeira vez, para as suas práticas pedagógicas. Assim, a relação dos professores com a modelagem, ou seja, sua familiaridade com ela (BARBOSA, 2001, 2002), ocorreu nas experiências durante a formação em serviço, em termos da teoria de Bernstein (1990, 2000), no campo de recontextualização. Como foi caracterizado pelo autor, esse campo é responsável por se apropriar de discursos do campo de produção e transformá-los em discurso pedagógico.

Ao trazer a modelagem para suas aulas, os professores selecionaram e organizaram o que mover e como mover em termos dos discursos já consolidados socialmente na prática

pedagógica. Esse processo de selecionar discursos e movê-los para a prática pedagógica é um princípio que Bernstein (1990, 2000) denomina *recontextualização pedagógica*. Assim, a modelagem que os professores implementaram em suas aulas não foi a mesma com que eles tiveram contato no programa de formação, pois o discurso sobre modelagem foi transformado e posicionado nos discursos presentes na prática pedagógica, sendo esse processo operado pelo discurso pedagógico.

Bernstein (1990, 2000) apresenta o conceito de *discurso pedagógico* para se referir ao princípio que se apropria de discursos, colocando-os em uma relação especial entre si na prática pedagógica para a seleção dos conteúdos legítimos nas disciplinas escolares. O posicionamento do discurso sobre modelagem na prática pedagógica apresentou uma descontinuidade em relação a outros discursos que já estavam posicionados e legitimados nela. Essa descontinuidade é justificada pelo isolamento entre os discursos, constituindo as *tensões nos discursos*.

Na apresentação da análise das *tensões nos discursos*, no capítulo anterior, foi possível observar que o controle do discurso sobre modelagem foi exercido pelos agentes posicionados no contexto escolar, os professores, os alunos, a organização escolar com os seus pares e suas rotinas. Assim, o discurso sobre modelagem movido para a prática pedagógica foi transformado ao ser posicionado aos discursos já constituídos socialmente e, historicamente, na prática pedagógica. Nela, o discurso sobre modelagem mantém um espaço – isolamento – em relação aos discursos presentes. Este isolamento é mantido pelas relações de poder entre as categorias, no caso, o discurso sobre modelagem e os discursos já estabelecidos na prática pedagógica, dentre eles, o discurso da matemática escolar. Esse é um discurso histórico, legítimo, cultural e socialmente constituído, cuja classificação e enquadramento são fortes. Bernstein (2000) define *discurso vertical* como o conhecimento oficial ou escolar. Em termos bernsteinianos, o discurso da matemática escolar pode ser visto como um discurso vertical.

A descontinuidade entre discursos são as *tensões nos discursos*, que se manifestam pelas contradições, rupturas e dilemas constituídos por conta do espaço que separa os discursos presentes na prática pedagógica e o discurso sobre modelagem. Os momentos específicos em que as *tensões nos discursos* se manifestam são denominados *situações de tensão*, sendo o *lócus* no qual as tensões nos discursos são constituídas. Assim, as tensões foram manifestadas nos discursos dos professores Boli, Maria e Vitória quando eles tiveram que decidir o que fazer e como fazer na implementação da modelagem matemática em suas práticas pedagógicas, sendo identificadas oito tensões: *a tensão da escolha do tema*, *a tensão*

*do sequenciamento e do ritmo na prática pedagógica, a tensão da participação dos alunos, a tensão da abordagem das respostas dos alunos, a tensão da abordagem do conteúdo matemático, a tensão das situações inesperadas, a tensão da interação com os alunos e a tensão da intervenção do professor.* Essas tensões foram manifestadas em três dimensões da prática pedagógica em modelagem: no *planejamento das ações*, nas *ações da prática pedagógica* e a *na abordagem das ações dos alunos*.

Essas dimensões mostraram a dinâmica do que aconteceu na prática pedagógica quando um novo discurso, no caso, o discurso sobre modelagem, foi posicionado nela. Assim, as tensões nos discursos manifestadas na implementação da modelagem nos dão indícios da dinâmica da prática pedagógica, desde o momento do planejamento das ações até os momentos da realização das ações, bem como na abordagem das ações dos alunos, mostrando o que ocorreu quando os professores trouxeram problemas provenientes do dia a dia para suas aulas. Diante disso, foram identificadas quais as tensões, a constituição delas diante da descontinuidade entre discursos, os momentos em que elas ocorreram, a maneira como os professores explicaram e lidaram com elas, ou seja, quais ações eles realizaram, quais estratégias eles utilizaram, quais intervenções eles fizeram para implementar a modelagem .

Portanto, podemos afirmar que as tensões nos discursos, constituídas pela descontinuidade entre discursos, foram identificadas pelas contradições, rupturas e dilemas manifestados nos discursos dos professores na implementação de um novo discurso em suas práticas pedagógicas, sendo resultado dos mecanismos de poder e controle que estavam impregnados nas ações e nos discursos dos professores, no posicionamento desses discursos às regras já estabelecidas nos contextos escolares. Em decorrência dessas considerações, é possível afirmar que as tensões nos discursos são manifestadas no momento do posicionamento de um novo discurso à prática pedagógica, operado pelo discurso pedagógico que controla o modo como esse discurso se posiciona nos discursos já consolidados e legitimados nela.

Uma contribuição desta pesquisa se apresenta aos pesquisadores interessados na utilização da teoria dos códigos de Basil Bernstein nas suas investigações, pois os resultados mostraram evidências de que as tensões nos discursos que são constituídas pela descontinuidade entre discursos é um aspecto não abordado pela teoria dos códigos, o que pode servir para aperfeiçoá-la, trazendo novos conceitos para compreender o que acontece quando o indivíduo move discursos para sua prática pedagógica.

#### 4.2 IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS DA PESQUISA PARA A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Como foi mencionado no primeiro capítulo, tem sido pontual a presença da modelagem nas práticas pedagógicas dos professores no contexto escolar (KAISER; MAAß, 2007; NISS, BLUM; GALBRAITH, 2007). A literatura tem documentado que professores se mostram cautelosos em utilizá-las nas aulas pelos seguintes motivos: a organização da escola e suas rotinas estabelecidas e a relação com os demais pares (BARBOSA, 2002); a falta de clareza em como organizar e conduzir o ambiente de modelagem nas aulas; a programação curricular (BARBOSA, 2004) e a insegurança em relação aos conteúdos matemáticos que devem utilizar para resolver os problemas (ALMEIDA, 2004; DIAS; ALMEIDA, 2004).

Esses motivos podem ser indícios de tensões nos discursos, na implementação da modelagem nas aulas, sendo resultado dos mecanismos de poder e controle que atuam no posicionamento do discurso sobre modelagem nos discursos já estabelecidas nas práticas pedagógicas. Como implicação, é preciso entender esses mecanismos que controlam as ações e os discursos dos professores na recontextualização de um novo discurso, quando eles decidem implementar alguma mudança de práticas, de maneira a apoiá-los na recontextualização de discursos em suas práticas pedagógicas.

A intenção da pesquisa foi compreender a dinâmica que ocorre quando professores realizaram mudanças de práticas, em particular, ao implementarem a modelagem matemática em suas práticas pedagógicas em contextos escolares reais, focalizando as *tensões nos discursos* que são manifestadas no processo de mover um novo discurso para suas aulas, por causa do isolamento entre os discursos presentes na prática pedagógica e um novo discurso movido para ela.

Modelagem e professores, no que se refere a implementação em suas práticas pedagógicas, tem sido um tema pouco explorado pelas pesquisas em Educação Matemática, principalmente, no cenário nacional. Uma possível explicação é a pouca presença da modelagem nas aulas dos professores, diferentemente do que acontece em alguns países, nos quais modelagem faz parte da programação curricular das escolas (IKEDA, 2007; LINGEJÄRD, 2007b).

No cenário internacional, podemos observar que pesquisas têm documentado o que acontece na implementação da modelagem nas aulas dos professores de matemática (GAINSBURG, 2008; CHAPMAN, 2007; BLOMHØJ; KJELDSEN, 2006; DOERR, 2006,

2007; DOERR; ENGLISH, 2006; LEIß, 2005). Essas pesquisas têm focalizado as maneiras como professores implementam a modelagem; as estratégias utilizadas; os dilemas que ocorrem; as ações que professores realizam para ouvir as abordagens dos alunos sobre os problemas; os conhecimentos requeridos na implementação da modelagem e as intervenções que professores fazem para propiciar a compreensão e a resolução dos problemas pelos alunos.

Os resultados dessas pesquisas apontam que a implementação da modelagem requer não apenas o entendimento do fazer modelagem, mas a compreensão de como fazê-la, ou seja, a dimensão pedagógica, mobilizando ações, estratégias, saberes e conhecimentos dos professores na utilização da modelagem em suas práticas pedagógicas. Além disso, é preciso observar os mecanismos de poder e controle presentes nos contextos escolares que atuam no posicionamento de um novo discurso nas práticas pedagógicas dos professores, no caso, na recontextualização da modelagem. Esse aspecto tem estado ausente das pesquisas que abordam professores implementando modelagem em suas aulas, o que pode contribuir para entender por que professores são cautelosos em implementá-la nos contextos escolares.

Acredito que esta tese contribui para o debate sobre modelagem na sala de aula, no que se refere a compreender como o professor a utiliza em suas aulas. A perspectiva sociológica da teoria dos códigos de Bernstein foram as lentes teóricas utilizadas para compreender o objeto de pesquisa. Com isso, os resultados apresentam alguns aspectos ainda não agendados pelas pesquisas em modelagem, pois analisei as tensões nos discursos considerando as relações pedagógicas e os mecanismos de poder e controle que operam quando professores implementam modelagem em suas aulas. A relação entre os conceitos da teoria de Bernstein e os dados permitiu construir a noção teórica *tensões nos discursos* para compreender como eles as manifestaram ao moverem a modelagem para as suas práticas pedagógicas.

As tensões nos discursos foram identificadas em três dimensões da prática pedagógica em modelagem: no planejamento das ações da prática pedagógica, nas ações da prática pedagógica e na abordagem das ações dos alunos. Em relação à primeira dimensão, a literatura não tem documentado estudos que focalizem como professores escolhem o tema e elaboram o problema a ser proposto aos alunos no ambiente de modelagem. Como foi discutida no capítulo anterior, a escolha do tema foi uma tensão manifestada no planejamento do ambiente de modelagem, sendo um aspecto que precisa ser mais explorado pelos estudos,

já que não tem sido uma tarefa fácil para os professores trazerem situações oriundas do dia a dia para as aulas de Matemática.

Em relação à segunda dimensão, são ausentes estudos que abordem como professores selecionam e organizam as atividades planejadas, ou seja, como eles determinam o controle sobre a seleção, sequenciamento, ritmo e critérios da comunicação no ambiente de modelagem, bem como as ações que eles realizam e como atuam quando situações inesperadas ocorrem no ambiente de modelagem.

Outro aspecto que precisa ser mais agendado pelas pesquisas é a colaboração entre professores da educação básica e professores da universidade na implementação de mudanças de práticas em suas aulas. Apesar de este estudo não ter focalizado esse aspecto, podemos observar que os professores, ao lidarem com as tensões nos discursos, recorreram à pesquisadora para apoiá-los na implementação da modelagem em suas práticas pedagógicas. Esse apoio foi importante para que os professores não desistissem de realizar a mudança de prática e os orientassem nas novas situações que ocorreram em suas práticas pedagógicas.

Assim, o estudo das tensões nos discursos na implementação da modelagem na prática pedagógica dos professores traz novos aspectos que precisam ser agendados pelas pesquisas em relação à modelagem e professores. Dentre os aspectos a serem agendados, a transformação que professores fazem quando recontextualizam o discurso sobre modelagem, com que tiveram contato no programa de formação, para posicioná-lo aos discursos já consolidados em suas práticas pedagógicas. Essa transformação diz respeito à maneira como eles convertem, fazem escolhas do que podem mover e como mover o discurso sobre modelagem com que eles tiveram contato no campo de recontextualização para suas práticas pedagógicas atuais. Falta, nas pesquisas, a abordagem deste aspecto que pode contribuir para entender como eles a implementam em suas aulas.

As pesquisas não têm agendado os mecanismos de poder e controle que atuam na recontextualização da modelagem nas aulas dos professores. Ou seja, quais são os mecanismos que agem sobre as ações e os discursos dos professores quando a modelagem é recontextualizada em suas práticas pedagógicas? Que alterações ocorrem na prática pedagógica do professor quando a modelagem é movida? Quais ações são realizadas pelo professor para posicionar a modelagem em sua prática pedagógica? Quais discursos são legitimados e silenciados na presença da modelagem matemática nas aulas de Matemática? Que ações e estratégias são realizadas pelo professor para lidar com as tensões nos discursos?

Apesar de pesquisas reconhecerem que o contexto é um fator que condiciona alguma

mudança de prática nas aulas dos professores, é importante que os mecanismos que condicionam a implementação nas práticas pedagógicas dos docentes sejam explicitados e as possibilidades para lidar com eles sejam discutidos.

Essas questões trazem aspectos não agendados ainda pelas pesquisas que podem ser consideradas pelos estudos na área de Educação Matemática e de Ensino de Ciências, pois os professores movem discursos para suas práticas pedagógicas de maneira que os utilizam na abordagem das disciplinas de Matemática e das disciplinas das Ciências Naturais, Biologia, Química e Física. Assim, a noção teórica *tensões nos discursos* pode ser utilizada para compreender as dificuldades, os dilemas, as incertezas dos professores manifestadas quando recontextualizam discursos em suas práticas pedagógicas.

Portanto, compreender como os mecanismos de poder e controle agem na recontextualização de um novo discurso na prática pedagógica do professor pode apoiá-lo no enfrentamento das dificuldades, dilemas, incertezas e tensões nas mudanças de práticas nos contextos escolares.

#### 4.3 IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS DA PESQUISA PARA A PRÁTICA PEDAGÓGICA DOS PROFESSORES

Não tem sido fácil para os professores a tarefa de realizar mudanças de práticas em suas salas de aulas. As condições da escola, suas rotinas, os membros presentes nela, como alunos, direção, outros professores são agentes que controlam como novos discursos poderão fazer parte das práticas pedagógicas, ou seja, dos discursos já consolidados e legitimados nelas. Como foi discutido nos capítulos anteriores, o discurso pedagógico é responsável por apropriar-se de discursos e colocá-los nas regras presentes nos contextos escolares, consequentemente, nas práticas pedagógicas. Essas regras são construídas e legitimadas socialmente e controlam a maneira como um discurso é posicionado na prática pedagógica. Assim, a relação dos professores com a modelagem pode ser vista em termos de como eles a recontextualizam nessas regras.

Em termos bernstenianos, estas regras são os códigos que caracterizam as práticas pedagógicas. Eles são princípios que regulam, selecionam e integram os discursos que são relevantes e a maneira como esses discursos são produzidos em determinado contexto. Quando o professor decide trazer a modelagem para suas aulas, ele se torna um dos agentes que regulam, assim como os alunos, outros membros da escola e suas condições, como ela será

posicionada na prática pedagógica. Assim, compreender os mecanismos de poder e controle pode apoiar os professores na implementação de algum novo discurso em suas práticas pedagógicas.

Em relação à modelagem, ela é um ambiente de aprendizagem em que os alunos são convidados a realizar investigações de problemas vindos de situações do dia a dia e de outras áreas do conhecimento usando a matemática (BARBOSA, 2003a, 2006). Assim, ao trazer esses problemas para as aulas o professor pode ter vários motivos. Dentre aqueles documentados pelas pesquisas, situam-se favorecer a aprendizagem da matemática pelos alunos, mostrar a utilidade da matemática na vida dos alunos, abordar o conteúdo matemático, entender o papel dos modelos nas tomadas de decisões. Esses motivos são indícios do controle que professores podem realizar quando recontextualizam a modelagem. A prioridade de cada um deles vai depender dos códigos presentes nas práticas pedagógicas dos professores. Como implicação, esses aspectos precisam ser agendados pelos programas de formação para que apoiem professores na implementação da modelagem.

A formação de professores em modelagem tem apresentado a ideia de domínios (BARBOSA, 2004) e ações (SILVA, 2007) para que professores possam ter experiências como aluno e como professor neste ambiente de aprendizagem. Apesar dos esforços, é preciso que os programas de formação de professores agendem a dinâmica da prática pedagógica em modelagem nas ações da formação inicial e continuada, ou seja, que discutam com os professores a dimensão do planejamento das ações da prática pedagógica, a dimensão das ações da prática pedagógica e a dimensão da abordagem das ações dos alunos na recontextualização da modelagem nas práticas pedagógicas dos professores. As tensões nos discursos foram identificadas nas situações ocorridas nessas três dimensões da prática pedagógica no ambiente de modelagem, o que pode também ser agendado pelos programas de formação.

Como decorrência dessas considerações, é possível observar que os professores precisam ter clareza do que fazer e como fazer no ambiente de modelagem nessas três dimensões da prática pedagógica, para que eles tenham segurança na produção de textos legítimos na implementação da modelagem. Ou seja, o que falar e como falar na recontextualização da modelagem? Que novos códigos são requeridos no ambiente de modelagem? Quais formas de comunicação são requeridas para lidar com os problemas provenientes das situações do dia a dia ou de outras áreas do conhecimento? Além disso, é preciso que os professores tenham clareza do isolamento entre o discurso sobre modelagem



com que eles têm contato nos programas de formação e o discurso sobre modelagem que é recontextualizado por eles em suas práticas pedagógicas. Ter consciência dos mecanismos de poder e controle que agem na recontextualização da modelagem, podem ajudá-los a lidar com as tensões nos discursos, apoiando-os na implementação em suas salas de aulas.

A descontinuidade entre discursos que constituíram as *tensões nos discursos* é resultado do isolamento entre discursos presentes na prática pedagógica e o discurso sobre modelagem, sendo identificadas nos discursos do professor quando decidiram *o que pode ser dito* e *como pode ser dito* em sua prática pedagógica. Como implicação, é importante que os programas de formação discutam as inseguranças, os dilemas, as tensões que são identificados nos discursos dos professores na realização de alguma mudança de prática para que os apoiem na implementação em suas práticas pedagógicas.

#### 4.4 AS LIMITAÇÕES DESTA PESQUISA

Como foi pontuada na seção 1.10, apesar de esta pesquisa não possuir um grau de generalidade, os resultados podem ser utilizados como hipóteses teóricas para a compreensão de *tensões nos discursos*, quando professores recontextualizam discursos em suas práticas pedagógicas em outras situações e contextos. Assim, a pesquisa gerou uma noção teórica, *tensões nos discursos*, que pode ser utilizada para compreender a descontinuidade entre discursos presentes na prática pedagógica e discursos movidos para ela.

Apesar de os resultados apontarem *tensões nos discursos* que são específicas para o contexto das aulas de Matemática, no que se refere à tensão da escolha do tema e a tensão das situações inesperadas, pela natureza aberta do ambiente de modelagem, para o qual não há estratégias *a priori* a serem seguidas para a resolução de problemas provenientes do dia a dia ou de outras áreas do conhecimento, as demais tensões podem ocorrer no contexto das aulas de outros ambientes de aprendizagem, bem como de outras disciplinas.

Ao transcrever e analisar os dados, percebi que poderia ter coletado mais dados em relação à maneira como os professores explicaram e lidaram com as tensões nos discursos, uma das questões específicas do objeto de pesquisa, se tivesse analisado os dados simultaneamente a sua coleta e se tivesse identificado as tensões ao longo do processo, o que não pôde acontecer, apesar de ter sido previsto no plano de trabalho. A dinâmica exaustiva da coleta de dados nas aulas dos três professores, semanalmente, e a quantidade de dados para transcrever, por semana, impediram-me de analisá-los de maneira mais sistemática durante o

período, o que só ocorreu após a coleta dos dados. Além disso, a noção teórica, *tensões nos discursos*, foi construída na relação dinâmica entre dados e teoria, o que só aconteceu após a coleta dos dados e não durante, já que o contato com a teoria dos códigos aconteceu depois da coleta dos dados. Assim, apesar de ter abordado essa questão específica na tese, acredito que ela poderia ter sido mais explorada pela pesquisadora se tivesse entrevistado os professores durante a análise de dados para esclarecer alguns aspectos inferidos nela, o que também não pôde ocorrer, já que tinha passado um tempo entre a coleta e a análise dos dados.

Acredito que esta tese, que foi desenvolvida com o intuito de compreender como professores manifestam tensões nos discursos na implementação da modelagem, contribui com pesquisas que pretendem investigar professores implementando mudanças de práticas em suas salas de aulas seja na Educação Matemática, seja no Ensino de Ciências. Os resultados apresentados podem ser, considerando as devidas proporções, estendidos para outras áreas do conhecimento que não a Educação Matemática, pois a recontextualização de discursos para as práticas pedagógicas é um processo corrente nos contextos escolares.

Na epígrafe, no início da tese, trouxe uma citação de Bernstein (2000, p. 210), a qual diz que: “minha preferência é ser tão explícito quanto possível. Então, pelo menos, minha voz pode ser desconstruída”. No decorrer da tese, tentei deixar claro como articulei as escolhas metodológicas, os aportes da literatura, a perspectiva teórica e os dados na construção dos resultados. Agora, cabe ao leitor atribuir significados aos resultados produzidos, podendo desconstruí-los.

---

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, P. Simulação e Realidade. **Revista Colombiana de Filosofia das Ciências**, v.1, n. 1, 1999, p. 9-40.

ALMEIDA, L. M. W. Modelagem Matemática e Formação de professores. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2004. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, L. M. W. Algumas reflexões sobre a pesquisa em Modelagem Matemática. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2006, Águas de Lindóia. **Anais...** Curitiba: SBEM, 2006. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, L. M. W; DIAS, M. R. Um estudo sobre o uso da Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem. **Bolema - Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, n. 22, p. 19-35, 2004.

ALVES-MAZZOTTI, A. J. O método nas ciências sociais. In: ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWAMDSZNADJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1999. parte II, cap. 6-7, p. 129-178.

ANGROSINO, M. V. Recontextualizing observation: ethnography, pedagogy, and the prospects for a progressive political agenda. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.) **Handbook of qualitative research**. 3. ed. Thousand Oaks: Sage, 2005, p. 729-745.

ANTONIUS, S. et al. Classroom activities and the teacher. In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.; HENN, H.; NISS, M. (Ed.). **Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study**, New York: Springer, 2007. p. 295-308.

BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 24., 2001, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, 2001a. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C. **Modelagem Matemática: concepções e experiências de futuros professores**. 2001. 253 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001b.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem matemática e os futuros professores. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 25., 2002, Caxambu. **Anais...** Caxambu: ANPED, 2002. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C. What is Mathematical Modelling? In: LAMON, S.; PARKER, W.; HOUSTON, S. **Mathematical Modelling: a way of life ICTMA 11**. Chichester: Horwood Publishing, 2003a. p. 227-234.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem Matemática na sala de aula. **Perspectiva**, Erechim (RS), v. 27, n. 98, p. 65-74, jun., 2003b.

BARBOSA, J. C. As relações dos professores com a Modelagem Matemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2004. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C. Mathematical modelling in classroom: a critical and discursive perspective. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 3, p. 293-301, 2006.

BARBOSA, J. C. A prática dos alunos no ambiente de Modelagem Matemática: o esboço de um framework. In: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. de L. (Org.). **Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais**. Recife: SBEM, 2007a. cap. 10, p. 161-174. (Biblioteca do Educador Matemático, v. 3)

BARBOSA, J. C. Sobre a pesquisa em Modelagem Matemática no Brasil. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007b. 1 CD-ROM, p. 82-103.

BARBOSA, J. C. As discussões paralelas no ambiente de aprendizagem modelagem matemática. **Acta scientiae: Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, Canoas, v. 10, n. 1, p. 47-58, 2008.

BARBOSA, J. C. Modelagem e Modelos Matemáticos na Educação Científica. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 65-85, 2009.

BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, A. M. P. **Modelagem Matemática e sala de aula: um “zoom” em uma experiência**. 2001. 13 p. Ensaio não publicado.

BARBOSA, J. C.; SANTOS, M. A. Modelagem matemática, perspectivas e discussões. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9, Belo Horizonte. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2007. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. de L. (Org.). **Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira**: pesquisas e práticas educacionais. Recife: SBEM, 2007. 268 p.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2002. 389 p.

BERNSTEIN, B. **Class, Codes and Control, volume IV**: the structuring of pedagogic discourse. London: Routledge, 1990. 235 p.

BERNSTEIN, B. **Pedagogy, symbolic control and identify**: theory, research, critique. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers, 2000. 230 p.

BICUDO, M. A. V. Filosofia da Educação Matemática: um enfoque fenomenológico. In: BICUDO, M. A. V. **Pesquisa em Educação Matemática**: concepções & perspectivas. São Paulo: Editora da UNESP, 1999. p. 21-43.

BLOMHØJ, M.; KJELDSEN, T. H. Teaching mathematical modeling through project work. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 2, p. 163-177, 2006.

BLUM, et. al. ICMI Study 14: applications and modelling in mathematics education – discussion document. **Educational Studies in Mathematics**, New York, v. 51, n. 1-2, p. 149-171, 2002.

BLUM, W. et al. **Modelling and Applications in Mathematics Education**: the 14th ICMI study. New York: Springer, 2007. 521 p.

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**, New York, v. 22, n. 1, p. 37-68, 1991.

BOOTE, D. N.; BEILE, P. Scholars before researchers: on the centrality of the dissertation literature review in research preparation. **Educational Researcher**, Washington, v. 34, n. 6, p. 3-15, 2005.

BORROMEO FERRI, R. Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 2, p. 86-95, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Volume 2: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2006.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

CALDEIRA, A. D. A Modelagem Matemática e suas relações com o currículo. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 4., 2005, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2005. 1 CD-ROM.

CALDEIRA, A. D.; BARBOSA, J.; OLIVEIRA, A. M. P. **Anais da IV Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2005. 1 CD-ROM.

CARREJO, D.; MARSHALL, J. What is mathematical modelling? Exploring prospective teachers' use of experiments to connect mathematics to the study of motion. **Mathematics Education Research Journal**, Australia, v. 19, n. 1, p. 45-76, 2007.

CHAPMAN, O. Mathematical modelling in high school mathematics: teachers' thinking and practice. In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.; HENN, H.; NISS, M. (Ed.). **Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study**. New York: Springer, 2007. p. 325-332.

CHARMAZ, K. **Constructing grounded theory: a practical guide through qualitative analysis**. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2006. 208 p.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. Resolução n. 196, de 10 de julho de 1996. **Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos**. Brasília, 1996. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/docs/Reso196.doc>.

CROTTY, M. The foundations of social research: meaning and perspective in the research process. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2006. 248 p.

D'AMBROSIO, U. A matemática nas escolas. **Educação Matemática em Revista**, São Paulo, ano 9, n.11A, p. 29-33, abr. 2002. Edição especial.

D'AMBRÓSIO, U. História, Etnomatemática, Educação, e Modelagem. In: CONFEREÊNCIA INTERAMERICANA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2003, Blumenau. **Anais...** Blumenau: FURB, 2003. 1 CD-ROM.

DAVIES, B. Bernstein on classrooms. In: ATKINSON, P.; DAVIES, B.; DELAMONT, S. **Discourse and reproduction: essays in honor of Basil Bernstein**. Cresskill: Hampton Press, 1995. p. 137-157.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Introduction: the discipline and practice of qualitative research. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.) **Handbook of qualitative research**. 3. ed. Thousand Oaks: Sage, 2005, p. 1-32.

DIAS, M. R.; ALMEIDA, L. M. W. Formação de professores e Modelagem Matemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2004. 1 CD-ROM.

DOERR, H. M. Teachers' ways of listening and responding to students' emerging mathematical models. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 3, p. 255-268, 2006.

DOERR, H. M. What Knowledge do teachers need for teaching mathematics through applications and modelling? In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.; HENN, H.; NISS, M. (Ed.). **Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study**. New York: Springer, 2007. p. 69-78.

DOERR, H. M.; ENGLISH, L. D. Middle grade teachers' learning through students' engagement with modelling tasks. **Journal of Mathematics Teacher Education**, New York, n. 9, p. 5-32, 2006.

DUKE, N. K.; BECK, S. W. Education should consider alternative forms for the dissertation. **Educational Researcher**, Washington, v. 28, n. 3, p. 31-36, 1999.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos. Campinas: Autores Associados, 2006. 226 p.

FONTANA, A.; FREY, J. H. The interview: from neutral stance to political involvement. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.) **Handbook of qualitative research**. 3. ed. Thousand Oaks: Sage, 2005, p. 695-727.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 15. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2000. 165 p.

FREIRE JR, O. A relevância da filosofia e da história das ciências para a formação dos professores de ciências. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.) **Epistemologia e ensino de ciências**. Salvador: Arcádia, 2002, 296 p.

FREITAS, F. H. A. **Os estados relativos de Hugh Everett II: uma análise histórica e conceitual**. 2007. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Instituto de Física/Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2007.

GAINSBURG, J. Real-world connections in secondary mathematics teaching. **Journal of Mathematics Teacher Education**, New York, v. 11, p. 199-219, 2008 doi: 10.1007/s10857-007-9070-8.

GARNICA, A. V. M. Notas sobre narrativa e Educação Matemática. In: LOPES, C. E.; NACARATO, A. M. (Org.). **Educação Matemática, leitura e escrita**: armadilhas, utopias e realidades. Campinas: Mercado de letras, 2009. p. 79-99.

GARNICA, A. V. M. Filosofia da Educação Matemática: algumas ressignificações e uma proposta de pesquisa. In: BICUDO, M. A. V. (Org.). **Pesquisa em Educação Matemática**: concepções & perspectivas. São Paulo: Editora da UNESP, 1999. p. 59-74.

GILBERT, J. K. Models and modelling: routes to more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Taiwan, v. 2, p. 115-130, 2004.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. 3. ed. Rio de Janeiro: Record, 1999. 107 p.

GRECA, I. M.; SANTOS, F. M. T. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da Física e da Química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 1, 2005. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 02 dez. 2006.



GUBA, E. G.; LINCOLN, Y. S. Competing paradigms in qualitative research. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.). *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage, 1994, p. 105-117.

HAMSON, M. J. The place of mathematical modelling in Mathematics Education. In: LAMON, S.; PARKER, W.; HOUSTON, S. (Ed.). **Mathematical Modeling: a way of life ICTMA 11**. Chichester: Horwood Publishing, 2003. p. 215-226.

HOLMQUIST, M.; LINGEFJÄRD, T. Mathematical modelling in teacher education. In YE, Q.; BLUM, W.; HOUSTON, S. K.; JIANG, Q. (Ed.). **Mathematical Modelling in Education and the culture: ICTMA 10** Chichester: Horwood Publishing, 2003. p. 197-208.

IKEDA, T. Possibilities for, and obstacles to teaching applications and modelling in the lower secondary levels. In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.; HENN, H.; NISS, M. (Ed.). **Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study**, New York: Springer, 2007. p. 457-462.

JAPIASSU, H.; MARCONDES, D. **Dicionário básico de filosofia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1996. 296 p.

JIANG, Z., MCCLINTOCK, E.; O' BRIEN, G. A mathematical modelling course for pre-service secondary school mathematics teachers. In YE, Q.; BLUM, W.; HOUSTON, S. K.; JIANG, Q. (Ed.). **Mathematical Modelling in Education and the culture: ICTMA 10** Chichester: Horwood Publishing, 2003. p. 197-208.

JIMENEZ ESPINOSA, A.; FIORENTINI, D. (Re) significação e reciprocidade de saberes e práticas no encontro de professores de matemática da escola e da Universidade. In: FIORENTINI, D.; NACARATO, A. M. (Org.). **Cultura, formação e desenvolvimento profissional de professores que ensinam**. 1 ed. São Paulo: Musa, 2005, v. 1, p. 152-174.

KAISER, G.; SCHWARZ, J. Mathematical modelling as bridge between school and university. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 2, p. 196-208, 2006.

KAISER, G.; SRIRAMAN, B. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 3, p. 302-310, 2006.

KAISER, G.; MAAB, K. Modelling in lower secondary mathematics classroom – problems and opportunities. In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.; HENN, H.; NISS, M. (Ed.). **Modelling**

**and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study**, New York: Springer, 2007. p. 99-108.

KINCHELOE, J. L; MCLAREN, P. Rethinking critical theory and qualitative research. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.) **Handbook of qualitative research**. 3. ed. Thousand Oaks: Sage, 2005, p. 303-342.

LEIß, D. Teacher intervention versus self-regulated learning? **Teaching Mathematics and its Applications**, v. 24, n.2-3, p. 75-89, 2005.

LERMAN, S. Cultural, discursive psychology: a sociocultural approach to studying the teaching and learning of mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, New York, v. 46, p. 87-113, 2001.

LERMAN, S. Directions for literacy research in science and mathematics education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Taiwan, v. 5, p. 755-759, 2007.

LERMAN, S.; TSATSARONI, A. Why children fail and what mathematics education studies can do about it: the role of sociology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS, EDUCATION AND SOCIETY, 1., 1998, Nottingham. Disponível em: <http://www.nottingham.ac.uk/csme/meas/plenaries/lerman.html>. Acesso em: 15 jan. 2008.

LERMAN, S.; ZEVENBERGEN, R. The socio-political context of the mathematics classroom: using Bernstein's theoretical framework to understand classroom communications. In: VALERO, P.; ZEVENBERGEN, R. (Ed.). **Researching the socio-political dimensions of mathematics education: issues of Power in theory and methodology**. Dordrecht: Kluwer, 2004. p. 27-42.

LINGEFJÄRD, T. Modelling mathematical in teacher education – necessity or unnecessarily. In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.; HENN, H.; NISS, M. (Ed.). **Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study**. New York: Springer, 2007a. p. 333-340.

LINGEFJÄRD, T. Modelling mathematical in teacher education. In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.; HENN, H.; NISS, M. (Ed.). **Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study**. New York: Springer, 2007b. p. 475-482.

MARANDINO, M. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 26, 2004, p. 95-108.

MATTHEWS, M. R. Models in science and in science education: an introduction. **Science & Education**, v. 16, p. 647-652, 2007 doi: 10.1007/s11191-007-9089-3.

MICHELSSEN, C. Functions: a modelling tool in mathematics and science. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 3, p. 269-280, 2006.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. N. *Qualitative data analysis: an expanded sourcebook*. 2. ed. Thousand Oaks: Sage, 1994. 338 p.

MORAIS, A. M. Basil Bernstein at the micro level of the classroom. **British Journal of Sociology of Education**, London, v.23, n.4, p.550-570, dez. 2002.

MORGAN, C.; TSATSARONI, A.; LERMAN, S. Mathematics teachers' positions and practices in discourses of assessment. **British Journal of Sociology of Education**, London, v. 23, n. 3, p. 443-459, 2002.

NISS, M.; BLUM, W.; GALBRAITH, P. L. Introduction. In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.; HENN, H.; NISS, M. (Ed.). **Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study**, New York: Springer, 2007. p. 3-32.

NUNES-NETO, N. F. N. **Bases epistemológicas para um modelo funcional em Gaia**. 2008. 198 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Instituto de Física/Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2008.

OLIVEIRA, A. M. P. Modelagem Matemática e currículo: uma integração possível. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 7., 2001, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2001. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, A. M. P. **Formação continuada de professores de Matemática e suas percepções sobre as contribuições de um curso**. 2003. 192 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

OLIVEIRA, A. M. P. As experiências dos futuros professores com Modelagem Matemática. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2006, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2006. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, A. M. P. As análises dos futuros professores sobre suas primeiras experiências com Modelagem Matemática. In: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARÁUJO, J. L. (Orgs.) **Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais**. Recife: SBEM, 2007. cap. 14, p. 233-252.

OLIVEIRA, A. M. P; BARBOSA, J. C. A primeira experiência de Modelagem Matemática e a tensão do “próximo passo”. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBEM, 2007a. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, A. M. P; BARBOSA, J. C. As situações de tensão e as tensões na prática de Modelagem: o caso Vitória. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto e Universidade Federal de Minas Gerais, 2007b. 1 CD-ROM, p. 191-206.

OLIVEIRA, A. M. P; CAMPOS, I. S.; SILVA, M. S. As estratégias do professor para desenvolver modelagem matemática em sala de aula. *Boletim GEPEM*, Rio de Janeiro, v. 55, p. 108-124, 2009.

ORNEK, F. Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. **International Journal of Environmental & Science Education**, v. 3, n. 2, p. 35-45, 2008.

PALM, T. Features and impact of the authenticity of applied mathematical school tasks. In: BLUM, W.; GALBRAITH, P.; HENN, H.; NISS, M. (Eds.). **Modelling and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI study**, New York: Springer, 2007. p. 201-208.

PENTEADO, M. G. Implicações para a prática docente. In: BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001. cap. 4, p. 53-68.

ROMA, J. E. Modelagem Matemática: reflexos na prática pedagógica dos professores egressos do curso de Especialização em Educação Matemática da PUCCampinas. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2003, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: UNIMEP, 2003. 1 CD-ROM.

SANTOS, L. Bernstein e o campo educacional: relevância, influências e incompreensões. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 120, p. 15-49, nov. 2003.

SANTOS, M. A.; BARBOSA, J. C. As oportunidades de produção das discussões reflexivas num ambiente de Modelagem Matemática. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto e Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 1 CD-ROM, p. 733-748.

SHARMA, A.; ANDERSON, C. Recontextualization of science from lab to school: implications for science literacy. **Science & Education**, New York, 2. set. 2007. Disponível em: <<http://www.springerlink.com.w10015.dotlib.com.br/content/p3p16140k5lx51v0/fulltext.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2008.

SHULMAN, L. **Knowledge and teaching: foundations of the new reform**. Harvard Educational Review, v. 57, n. 1, 1-22, 1987.

SILVA, D. K. Ações de Modelagem para a formação inicial de professores de matemática. In: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARÁUJO, J. L. (Orgs.) **Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais**. Recife: SBEM, 2007. cap. 13, p. 215-232.

SILVA, J. N. D. **As discussões técnicas num ambiente de modelagem matemática**. 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Instituto de Física/Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2009.

SKOVSMOSE, O. Cenários para Investigação. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, n. 14, p. 66-91, 2000.

SKOVSMOSE, O. Landscapes of investigation. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 33, n. 4, p. 123-132, 2001.

SKOVSMOSE, O. **Educação crítica: incerteza, matemática, responsabilidade**. Tradução de Maria Aparecida Viggiani Bicudo. São Paulo: Cortez, 2007. 304 p.

SKOVSMOSE, O. **Desafios da reflexão em educação matemática crítica**. Tradução de Orlando de Andrade Figueiredo e Jonei Cerqueira Barbosa. Campinas, SP: Papirus, 2008. 138 p.

SRIRAMAN, B.; LESH, R. Modeling conceptions revisited. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Karlsruhe, v. 38, n. 3, p. 247-254, 2006.

STEWART, J.; RUDOLPH, J. L. Considering the nature of scientific problems when designing science curricula. **Science Education**, n. 85, p. 207-222, 2001.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA. Aprova as normas do Programa de Formação de Professores do Ensino Fundamental e do Ensino Médio – Modalidade Presencial, do Convênio SEC-BA/UEFS e revoga a Resolução CONSEPE 07/2004. Resolução n. 27, de 05 de julho de 2004. **Normas do Programa de Formação de Professores de 5ª à 8ª séries do Ensino Fundamental e do Ensino Médio**. Feira de Santana, p. 2, 2004.

ZBIEK, R. M.; CONNER, A. Beyond motivation: exploring mathematical modelling as a context for deepening students' understandings of curricular mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, New York, n. 63, p. 89-112, 2006.

## APÉNDICE



Universidade Federal da Bahia  
Universidade Estadual de Feira de Santana

Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Esse termo de consentimento livre e esclarecido pretende explicitar os procedimentos adotados em minha pesquisa de doutorado e a forma de utilização dos dados coletados, com o propósito de deixar transparente, tanto quanto possível, a relação entre os envolvidos, o tratamento e uso das informações que serão recolhidas.

As aulas destinadas a realização do ambiente de modelagem matemática serão filmadas, as entrevistas após cada aula serão gravadas e transcritas e as narrativas das aulas serão utilizadas. Esses dados serão os materiais empíricos da pesquisa, cujo objetivo é observar, descrever e compreender as tensões que o professor manifesta ao implementar modelagem matemática em sua prática pedagógica.

A identidade dos participantes da pesquisa será mantida em sigilo, utilizando pseudônimos escolhidos pelos participantes. Nas publicações e nos relatórios parciais e finais da tese não será mencionada a instituição onde foram realizadas as filmagens das aulas para que se preserve a identidade do grupo.

O acesso aos registros dos dados será exclusivo da pesquisadora Andréia Maria Pereira de Oliveira, cuja divulgação parcial se restringirá às ocasiões relacionadas ao desenvolvimento da pesquisa, ou seja, as informações provenientes da análise dos dados serão utilizadas pela pesquisadora em publicações, eventos científicos, nos relatórios parciais e finais da tese.

Salvador, 01 de agosto de 2006.

Pesquisadora

\_\_\_\_\_

Nome

\_\_\_\_\_

Assinatura

Participante da Pesquisa

\_\_\_\_\_

Nome

\_\_\_\_\_

Assinatura

\_\_\_\_\_

Pseudônimo escolhido