

Everaldo Silveira

**A MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA NA
PERSPECTIVA CTS**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do Grau de doutor em Educação Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Ademir Donizeti Caldeira

Florianópolis - Santa Catarina

2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silveira, Everaldo
A MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA NA PERSPECTIVA CTS
/ Everaldo Silveira ; orientador, Ademir Donizeti
Caldeira - Florianópolis, SC, 2014.
203 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-
Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Modelagem na
Educação Matemática. 3. Modelagem na perspectiva Crítica. 4.
Ciência, Tecnologia e Sociedade. 5. Modelagem na
perspectiva CTS. I. Caldeira, Ademir Donizeti . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

“A Modelagem em Educação Matemática na Perspectiva CTS”

Tese submetida ao Colegiado do Curso de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica em cumprimento parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 04 de abril de 2014

Ademir Donizeti Caldeira (Orientador - CECH/DME/UFSCar) 

Jonei Cerqueira Barbosa (Examinador - FACED/UFBA) 

Tiago Emanuel Kluber (Examinador - CCET/UNIOESTE) 


Rita de Cássia Pacheco Gonçalves (Examinadora - FAED/UFSC) 

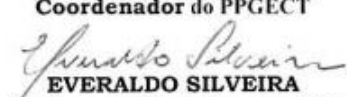
Claúdia Glavam Duarte (Examinadora - CED/MEN/UFSC) 

Walter Antonio Bazzo (Examinador - CTC/UFSC) 

Jane Bitencourt (Suplente - CED/UFSC)

Patrícia Montanari Giraldo (Suplente - CED/UFSC)


Carlos Alberto Marques
Coordenador do PPGECT


EVERALDO SILVEIRA
Florianópolis, Santa Catarina, 2014

Dedico este trabalho
a todos aqueles que
somente deixarão de
se entristecer e se
enfurecer com as
desigualdades desse
mundo no dia em
derem o seu último
suspiro. Ainda o
dedico àqueles que
me inspiraram e aos
que se juntarão a mim
na luta por justiça
social para todos os
homens e mulheres
viventes neste
Planeta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica pela oportunidade a mim confiada, bem como à Capes, pelo apoio financeiro fundamental nesses quatro anos.

Agradeço também aos professores do programa, que participaram direta ou indiretamente da minha formação na Universidade Federal de Santa Catarina, e à nossa fiel companheira Angela Maria Machado, pela tranquilidade e agilidade em encaminhar as nossas demandas. Sintam um forte abraço de agradecimento.

Aos meus amigos de turma Graziela, Sérgio, Marcelo, Karine, Luiz Clement, Luciana, Sandra, Mônica, João Henrique, Patrícia, Leandro (D'Artagnan), Selma, Fabiola, Lucio, Vera, Lucimara, Afrânio e, especialmente aos outros dois mosqueteiros, irmãos Fábio e Manuel, agradeço pela força e cumplicidade.

Agradeço aos professores doutores Jonei Cerqueira Barbosa, Tiago Emanuel Kluber, Rita de Cássia Pacheco Gonçalves, Claudia Glavam Duarte, Walter Antonio Bazzo, Jane Bitencourt e Patricia Montanari Giralaldi, pelo tempo e carinho despendido em função da defesa desta tese, e ao professor Irlan von Linsiguen pelas contribuições oferecidas na qualificação da pesquisa. Sem a vossa contribuição esse trabalho não teria tal brilho. Ao professor Tiago Emanuel Kluber, um agradecimento a mais pela proximidade e o apoio durante os quatro anos do Curso, muito importantes para o meu crescimento intelectual.

Agradeço também à querida amiga Marinês Domingues Cordeiro, uma pessoa sempre disposta a ajudar, pela contribuição na elaboração do abstract desta tese.

À minha eterna "mãe" na Educação Matemática, professora Roseli de Alvarenga Corrêa, agradeço de todo o meu coração por ter segurada a minha mão até que eu pudesse caminhar sozinho.

Agradeço a todos os meus alunos e alunas, desde os tempos da Educação de Jovens em Adultos, na escolinha pluridocente na Mata da Onça, até os tempos atuais, na Universidade Federal de Santa Catarina. Sem os seus questionamentos seria mais difícil pensar minha prática docente.

Não deixo de registrar aqui meus agradecimentos aos amigos e amigas que me apoiaram desde o início da minha caminhada como professor. Para representar a todos, escolhi duas pessoas que possuem

grande importância para mim: Helena Carvalho e Eliana Saraiva Trindade e Carvalho.

Aos amigos Bruno, Maquito, Ani, Luc, Bubu, Junior e Renatinho, apresento minha gratidão pelos maravilhosos dias em que estivemos juntos. Morar com vocês foi uma experiência maravilhosa. Obrigado por tudo.

Aos meus amigos "100 Nossão", companheiros desde a infância, aos meus amigos Bruno e Neneca e à república "Arte e Manha", agradeço pelo ânimo extra no dia-a-dia. Aos amigos Thyago, Rudinei, Alexandre, Materson e Maicon agradeço pela parceria e apoio.

Minha gratidão aos meus pais Leaduce e Maria, às minhas irmãs, Edna, Edithe, Helena e Elenita e aos meus sobrinhos, Angélica, Tiago, Sabrina, Gabriel, Fabrício, Beatriz e Reinaldo Junior, pelo carinho e fé em mim depositados. A essa "molecada", para além de um agradecimento, faço um desejo ou apelo: sigam em frente e avancem nos seus estudos, para que sintam o sofrimento e os prazeres na busca pelo conhecimento.

Agradeço à minha namorada, Gisely, minha fonte de inspiração, pelo incentivo, cuidado, apoio e carinho a mim dispensados nos últimos dois anos. Em muitos momentos, perdido em encruzilhadas, você foi luz para o meu caminho. Esse trabalho não seria possível sem o seu toque. Obrigado.

Por fim, o mais especial dentre todos os agradecimentos. Agradeço ao professor, meu grande amigo, Ademir Donizeti Caldeira, por todos os momentos e ensinamentos nos últimos nove anos. Você, amado amigo, tem uma profunda participação em minha constituição como ser humano, professor e acadêmico. Não me alongarei tanto quanto necessário para fazer este agradecimento, por entender que terei ainda dezenas de anos para reiterá-lo e complementá-lo pessoalmente, nos momentos em que eu tiver o prazer de estar com Você, Sônia, Pedro e Carol.

RESUMO

Esta tese relata uma pesquisa cujo objetivo foi identificar/elaborar alguns aspectos relacionados ao campo CTS e à Modelagem Matemática na Educação Matemática capazes de subsidiar a emergência de uma perspectiva de Modelagem com enfoque CTS. Como base de dados para esta pesquisa, utilizamos 16 artigos, sendo oito deles escritos por quatro reconhecidos pesquisadores do campo da Modelagem e os outros oito, escritos por quatro reconhecidos pesquisadores do campo CTS. A metodologia utilizada para nortear os trabalhos foi a *Grounded Theory* (GT). Os dados coletados originaram quatro categorias: condições causais, reações e objetivos, mecanismos de reação e temas. Tais categorias elucidaram aspectos possibilitadores da elaboração enraizada de teorizações que sustentam a emergência de um campo chamado Modelagem na perspectiva CTS. Tal perspectiva de Modelagem se conecta ao campo das relações CTS por meio de temas. Com relação à escolha de temas para o trabalho, são estabelecidas discussões em torno das possibilidades de salas de aula se configurarem em ambientes democráticos, se evidenciando alguns problemas nessa fase da Modelagem.

Palavras-chave: Modelagem na Educação Matemática; Modelagem na perspectiva Crítica; Ciência, Tecnologia e Sociedade; Modelagem na perspectiva CTS.

ABSTRACT

This thesis reports a research aimed to identify/develop some aspects related to the STS field and to the Mathematical Modeling in Mathematics Education, which are capable of supporting the emergence of a modeling perspective with a STS approach. As a database for this study, we used 16 papers, eight of them written by four recognized researchers in the Modeling field, and the other eight, written by four recognized researchers in the STS field. The methodology used to guide the work was Grounded Theory - GT. The data collected resulted in four categories: causal conditions, reactions and goals, reaction mechanisms, and themes. These categories have elucidated aspects that can enable the rooted development of theories, underpinning the emergence of a field called Modeling into the STS perspective. This Modeling perspective is connected to the field of STS relationships through themes. Regarding the choice of work themes, the possibilities of classrooms being configured into democratic environments are discussed, evidencing some problems at this stage of the Modeling.

Keywords: Modeling in Mathematics Education; Modeling in the critical perspective; Science, Technology and Society; Modeling in the STS perspective.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1.....	60
QUADRO 2.....	62
QUADRO 3.....	63
QUADRO 4.....	68
QUADRO 5.....	71
QUADRO 6.....	74
QUADRO 7.....	121
QUADRO 8.....	133
QUADRO 9.....	139
QUADRO 10.....	140
QUADRO 11.....	141
QUADRO 12.....	142
QUADRO 13.....	143
QUADRO 14.....	144
QUADRO 15.....	184
QUADRO 16.....	190

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Exemplo de codificação utilizando o ATLAS.ti.....	66
Figura 2 - Exemplo de codificação utilizando o ATLAS.ti.....	69
Figura 3 - network ou rede desenvolvida no ATLAS.ti	70
Figura 4 - Citações ligadas ao código “tema”	75
Figura 5 - Condições causais.....	80
Figura 6 - Reações e Objetivos	83
Figura 7 - Estratégias de reação no campo da Educação Matemática...	86
Figura 8 - Estratégias de Reação no campo da Educação Científica e Tecnológica.....	89
Figura 9 - O tema como eixo de convergência entre a Modelagem e as relações CTS	92
Figura 10 - Condições causais (após saturação).....	105
Figura 11 - O tema como eixo de convergência entre a Modelagem e as relações CTS (após saturação)	118
Figura 12 - Articulações entre temas utilizados nos campos da Modelagem e CTS e suas possíveis relações.....	119
Figura 13 - Rota traçada no <i>Google Street View</i>	185
Figura 14 - Comparação de custos para percorrer uma mesma distância utilizando diferentes meios de transporte	191

SUMÁRIO

Introdução	19
1. Aplicações matemáticas; Ciência, Tecnologia e Sociedade: algumas relações	25
1.1. Algumas relações da Matemática com outras áreas do conhecimento	25
1.2. Modelagem Matemática na perspectiva da Matemática Aplicada	33
1.3. Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)	37
2. CTS, Modelagem e Educação	45
2.1. A educação na perspectiva CTS	45
2.2. A Modelagem na Educação Matemática	47
3. Metodologia da pesquisa	53
4. Primeiras relações	79
4.1. Condições causais	79
4.2. Reações e objetivos	82
4.3. Mecanismos de reação	85
4.4. Um eixo de articulação: o tema	91
5. A emergência de uma nova perspectiva de Modelagem	103
5.1 Condições causais da Modelagem na perspectiva CTS	104
5.2 A emergência de uma outra perspectiva de Modelagem	114
6. Considerações finais	149
Referências Bibliográficas	155
7. Uma atividade hipotética de Modelagem na perspectiva CTS	167

INTRODUÇÃO

Minha¹ intenção anterior à seleção para esse programa de pós-graduação era desenvolver uma pesquisa cujo principal objetivo seria buscar, nas provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), elementos que pudessem identificar, nas questões propostas, a tendência da Modelagem Matemática na Educação Matemática², levando em consideração as diversas e diferentes perspectivas de Modelagem utilizadas na Educação Matemática. A partir dessa identificação, planejava problematizar, numa perspectiva de formação de professores, uma proposta de encaminhamento de práticas de sala de aula sustentadas por aportes teóricos e metodológicos defendidos nessas perspectivas de Modelagem.

A partir do início desse curso de doutorado, junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), muitos novos elementos foram se revelando e, por meio de novos saberes de Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), em um grupo de pesquisas liderado pelos professores Irlan von Linsinguen e Suzani Cassiani, bem como a participação como aluno na disciplina Ciência Tecnologia e Sociedade, ministrada pelo professor Walter Bazzo³, no primeiro semestre do curso, minha intenção acerca das possibilidades para o trabalho de doutorado se modificou.

Conhecer o enfoque CTS abriu horizontes para a percepção das fortes relações existentes entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade. Em outras palavras, trouxe uma percepção de Ciência e Tecnologia como atividades humanas, influenciadas por interesses diversos. Tais

¹ Nesses primeiros parágrafos utilizarei os verbos na primeira pessoa do singular por compreender que ainda não estava trabalhando juntamente com meu orientador, sendo o projeto e as idéias aqui apresentadas, elementos anteriores ao início da pesquisa relatada nesta tese. A partir do momento que começar a apresentar as idéias já discutidas para o desenvolvimento desta tese, passarei a utilizar a primeira pessoa do plural.

² Doravante a expressão Modelagem será utilizada como sinônimo da expressão Modelagem Matemática na Educação Matemática ou Modelagem na Educação Matemática.

³ Coordenador do Núcleo de Estudos e Pesquisa em Educação Tecnológica (NEPET). O grupo pode ser visitado em <http://www.nepet.ufsc.br/>.

interesses, porém, não se ligam às vontades e necessidades das pessoas, ou ao respeito ao meio ambiente e aos bens naturais, mas aos interesses econômicos de grandes corporações em um mundo globalizado. Percebemos também que os trabalhos desenvolvidos no âmbito da educação básica, sob esse enfoque, geralmente estão associados às disciplinas das Ciências Naturais, como Biologia, Química e Física, avançando raramente além desse campo. Por outro lado, nos estudos desenvolvidos e nos textos lidos sobre a Modelagem, identificamos alguns trabalhos que poderiam, com algumas aproximações, ser apresentados como algo do tipo “Educação Matemática na perspectiva CTS”. Isso porque, no caso desses trabalhos, as temáticas utilizadas para a prática da Modelagem relacionavam-se às questões CTS. Partindo dessa identificação e baseados em pesquisas, temos indicativos que apontam no sentido da elaboração e apresentação de uma perspectiva de trabalho em educação matemática ligada ao enfoque CTS, mais especificamente, uma perspectiva de Modelagem que busca discutir e problematizar questões do campo das Ciências e Tecnologia.

Questões ou situações problemáticas relacionadas ao desenvolvimento/implementação/utilização de produtos da atividade científica e tecnológica⁴ são comuns ao cotidiano da maior parte das cidades e comunidades brasileiras e mundiais. A problematização da necessidade ou não de se desenvolver, implementar ou utilizar um determinado produto da ciência e da tecnologia e a compreensão de questões ou situações problemáticas (cujas origens se relacionam às questões CTS), bem como possibilidades de solução e a forma como uma comunidade pode se posicionar são elementos fundamentais para as discussões em salas de aula, especialmente quando se pensa na educação voltada às “questões que envolvem os variados aspectos das relações sociais e econômicas regionais, abarcando o campo das políticas públicas de C&T com suas percepções de relevância” (von LINSINGEN, 2007, p. 2). Assim, o envolvimento da Matemática, muito mais que uma necessidade, se torna essencial, pois essa disciplina oferece ferramentas fundamentais, possibilitando a compreensão de cenários contemporâneos e a construção de outras realidades que podem

⁴ A expressão "questões ou situações problemáticas relacionados ao desenvolvimento/ implementação/utilização de produtos da atividade científica e tecnológica" será resumida em alguns momentos nesse texto como "questões CTS".

ser mais favoráveis aos interesses das comunidades envolvidas ou não. Um exemplo de como a matemática pode oferecer mais uma opção de solução para determinados problemas relacionados às questões CTS pode ser visto nos anexos desta tese. Nele, relatamos uma atividade fictícia em que alunos do 9º ano de uma escola estadual baseada na cidade de Florianópolis-SC, estudam a "mobilidade urbana", apresentando resultados que possivelmente seriam diferentes se não se utilizassem conhecimentos matemáticos.

A partir dessas preocupações e interesses, foi-se delineando um projeto de pesquisa que orientava o desenvolvimento de uma abordagem diferente de Modelagem relacionada, de alguma forma, às questões CTS. Ao somar esses interesses à metodologia escolhida para o desenvolvimento da investigação, elaboramos uma questão para a pesquisa. Segundo as orientações da metodologia, apresentada a seguir, tal questão deveria ser aberta, deixando espaço para, a partir da construção/coleta dos dados, possivelmente ser modificada em adequação às informações construídas/levantadas. Nossa questão de pesquisa, dessa forma, ficou assim: *quais aspectos relacionados à Educação CTS e à Modelagem podem subsidiar a emergência de uma perspectiva de Modelagem com enfoque CTS?*

A metodologia de pesquisa escolhida para o desenvolvimento desse trabalho foi a *Grounded Theory (GT)*, segundo apresentada nos estudos de Tarozzi (2011), que tem recebido alguns nomes em português, tais como “teoria fundamentada nos dados” ou “teoria enraizada”. Tal metodologia se apresenta como adequada, pelo fato de subsidiar o desenvolvimento de teorias, indo ao encontro da nossa proposta nesta pesquisa. A partir de dados coletados em textos de autores reconhecidamente envolvidos nos campos da Modelagem e das discussões CTS, objetivamos desenvolver teoricamente uma perspectiva de Modelagem que leve em consideração os estudos relacionados às questões e discussões em CTS.

Nossas primeiras discussões têm por objetivo apresentar ao leitor algumas relações da matemática com outras áreas do conhecimento, especialmente com as ciências naturais e engenharias, apresentando a matemática como elemento fundamental à estruturação desses campos de conhecimento. Tais contribuições da matemática a outros campos

científicos nos remetem a considerações acerca da modelagem⁵ na perspectiva da Matemática Aplicada, já que essas contribuições se revelam como aplicações matemáticas por meio de processos de modelagem. Finalizando o primeiro capítulo, apresentamos as origens, desenvolvimento e estado atual do campo conhecido como Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), e propomos uma compreensão acerca de algumas de suas finalidades, sendo ela uma das nossas grandes frentes de trabalho.

No segundo capítulo, apresentamos elementos que inserem tanto o campo CTS quanto a modelagem matemática no âmbito da educação. Essas discussões apresentam elementos gerais acerca do enfoque educacional CTS, e também da Modelagem na Educação Matemática, objetos de estudo no desenvolvimento da pesquisa aqui relatada.

O terceiro capítulo trata de apresentar e discutir a metodologia escolhida para subsidiar nosso trabalho nessa pesquisa, ou seja, a *Grounded Theory* (GT). Apresentamos um estudo minucioso apoiado, especialmente, pelas pesquisas de Tarozzi (2011), mas considerando alguns contrapontos de Charmaz (2009). Nesse capítulo também se apresenta o *software ATLAS.ti*, ferramenta que ofereceu grande

⁵ Considerando que esta pesquisa foi desenvolvida em um programa de pós-graduação de caráter multidisciplinar, penso ser pertinente fazer um esclarecimento sobre os "dois tipos" básicos de modelagem matemática tratados nesta tese, pois, embora essas informações sejam, via de regra, conhecidas no campo da Educação Matemática, podem não ser conhecidas por toda a comunidade a que possa interessar este trabalho. A Modelagem na Educação Matemática ou apenas Modelagem (em maiúscula) agrupa todos os tipos de trabalho com modelagem matemática desenvolvidos no âmbito educacional, independentemente do nível de ensino. Esse tipo de modelagem matemática tem finalidades pedagógicas e é considerado por muitos pesquisadores da área como uma metodologia, tendência metodológica ou até uma concepção de educação matemática. A modelagem matemática na perspectiva da Matemática Aplicada, modelagem matemática profissional ou modelagem matemática (em minúscula) se refere à atividade desenvolvida por matemáticos aplicados, muitas vezes em conjunto com pesquisadores de outras áreas, que tem como objetivo a construção, análise e validação de modelos matemáticos úteis e eficientes para a solução de problemas da realidade (BASSANEZI, 2004). Tal atividade não tem como finalidade imediata o ensino e aprendizagem de Matemática e sim a construção de modelos matemáticos aplicáveis e úteis em diversos campos do conhecimento.

contribuição para a construção/coleta e organização dos dados durante a pesquisa empírica. As fontes de dados para a pesquisa foram 16 artigos de oito pesquisadores, sendo quatro do campo da Modelagem na Educação Matemática e quatro do campo CTS, escolhidos segundo alguns critérios elaborados por nós. O quarto capítulo é dedicado à apresentação das primeiras teorizações acerca de nosso objeto de pesquisa, alcançadas a partir de um estudo piloto que teve como objetivo apresentar o que se pretende fazer nessa pesquisa junto à banca de qualificação. Esse texto, seguindo orientações da metodologia utilizada, ainda não apresentará contribuições de bibliografias para além daquelas utilizadas na pesquisa empírica. Ele traz, porém, teorizações aprofundadas no quinto capítulo quando serão postas em diálogo com outros autores.

O quinto capítulo é considerado por nós como o *coração* desta tese, pois apresenta teorizações mais elaboradas sobre a Modelagem na perspectiva CTS, além de um diálogo dessas teorizações com outros pesquisadores. Assumimos posições, apresentamos proposições, e finalizamos com a apresentação das principais características da Modelagem na perspectiva CTS.

No sexto capítulo, apresentamos as considerações finais acerca da pesquisa desenvolvida, sendo ainda possível acessar, nos anexos da tese, uma atividade hipotética de Modelagem na perspectiva CTS.

1. APLICAÇÕES MATEMÁTICAS; CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: ALGUMAS RELAÇÕES

1.1 ALGUMAS RELAÇÕES DA MATEMÁTICA COM OUTRAS ÁREAS DO CONHECIMENTO

Buscar o envolvimento do ensino e aprendizagem de matemática com outras áreas do conhecimento demanda encontrar relações entre o campo da matemática e outros campos do saber. Embora não seja nossa intenção supervalorizar a ciência matemática, apresentamos, nesta seção, alguns casos em que a Matemática ofereceu contribuições para o desenvolvimento de algum tipo de Ciência e Tecnologia, mostrando possíveis aproximações e afinidades entre a Matemática e alguns campos do conhecimento.

Garding (1981) considera o conjunto dos números naturais como o mais simples modelo matemático já construído pelo homem. Esse modelo surgiu da necessidade de seres humanos em solucionar problemas relacionados à contagem de coleções de objetos do seu cotidiano. A ideia de se utilizarem modelos matemáticos para dar uma explicação para uma realidade vem sendo utilizada há muito tempo pelo homem. Embora não tenhamos a intenção de esgotar o assunto nesse texto, expomos a seguir alguns casos em que atores trabalharam no sentido de utilizar ferramentas matemáticas para auxiliar na compreensão de situações reais, ou criar novas ferramentas matemáticas que trouxessem resultados mais próximos dessas realidades.

Boyer (1996) afirma que os egípcios começaram a se interessar desde cedo pela astronomia e perceberam que esse conhecimento poderia auxiliar na previsão das inundações provocadas pelas águas do rio Nilo. Observando o céu, eles estabeleceram um calendário solar bastante preciso de 365 dias.

Segundo Vargas (1996), desde o princípio o homem já buscava criar e/ou utilizar alguma matemática para representar e explicar a sua realidade. Pitágoras (582 - 500 a.C.) e os Pitagóricos, cerca de meio milênio antes de Cristo, já falavam de proporções harmoniosas na natureza. Platão (427 - 347 a. C), com seus elementos representados por

formas geométricas perfeitas, buscava em proporções matemáticas as explicações para a criação da natureza.

Durante o período helenístico⁶, homens como Arquimedes (289-212 a.C.), considerado o maior matemático da antiguidade, deram origem à ideia da aplicação da geometria e da aritmética como ferramenta para o cálculo e descrição de fenômenos (CAJORI, 2007; BOYER, 1996). Arquimedes utilizou seus conhecimentos matemáticos para o desenvolvimento de instrumentos e equipamentos altamente sofisticados para a época (VARGAS, 1996). Eratóstenes (285 - 194 a.C.) utilizou-se do conhecimento geométrico para calcular o comprimento aproximado da circunferência da Terra e estimar as distâncias e tamanhos do Sol e da Lua (BOYER, 1996; VARGAS, 1996; CAJORI, 2007).

Boyer (1996), afirma que Cláudio Ptolomeu (87 - 151 d.C.) ofereceu a sua contribuição ao utilizar a Matemática para compreender os movimentos dos astros no céu. Outro cientista que também se preocupou com os movimentos dos corpos celestes foi Nicolau Copérnico (1473-1543), que “colocou” o Sol no centro do universo. Provém da ciência de Copérnico⁷ a noção absolutista de que “uma equação matemática deduzida teoricamente aqui na Terra, e tendo sua verdade sido estabelecida por experiências levadas a efeito pelos homens, vale em qualquer parte do universo por remota que seja.” (VARGAS, 1996, p. 254).

Durante o período do Renascimento, Leonardo Da Vinci (1452 – 1519) utilizou a perspectiva e as proporções harmônicas para “elucidar”, por meio da pintura, os segredos da natureza. É de Da Vinci, segundo Boyer (1996), a afirmação absolutista de que não existe nenhuma certeza onde não se possa aplicar uma das ciências matemáticas. Esse discurso atribui à Matemática o *status* de linguagem de poder, ou seja,

⁶ Chama-se época helenística o período de tempo durante o qual a cultura grega passa a ser o bem comum de todos os países mediterrâneos, impondo-se, desde a morte de Alexandre até os dias das grandes conquistas romanas, do Egito à Síria até Roma e Espanha, nos meios judeus médio instruídos como na nobreza romana. (Em

<http://www.fe.unicamp.br/dis/transversal/rizomas/ESTOICISMO_E_HELENI_SMO.pdf>. Acesso em 13 de janeiro de 2014).

⁷ Para Santos (1987), embora se afirme que as leis da natureza fundamentam o seu rigor no rigor das formalizações matemáticas em que se expressam, segundo os estudos de Godel, o rigor da matemática carece, ele próprio, de fundamento.

poder de conter o argumento definitivo em qualquer discussão (BORBA e SKOVSMOSE, 2001). Os mesmos autores conceituaram esse suposto "poder" do argumento matemático como "ideologia da certeza", conforme veremos mais adiante.

Kepler (1571 - 1630) desenvolveu três leis aplicáveis aos movimentos dos astros (BOYER, 1996). Seu contemporâneo, Galileu (1564 - 1642), segundo citação de Vargas (1996), na obra *Discursos e demonstrações matemáticas em torno de duas novas ciências*, publicada em 1638, apresenta a Matemática com uma nova função: instrumento para a análise dos fenômenos naturais. Pinheiro (2003, p. 23) afirma que "a Galileu deve-se a nova mecânica dos corpos em queda livre, o início da teoria da elasticidade, os fundamentos da dinâmica geral, o compasso de setores, o primeiro microscópio, o aperfeiçoamento do telescópio, entre outras descobertas" e criações.

Para Vargas (1996), na obra *Princípios matemáticos da filosofia natural*, de 1687, Newton (1643 - 1727) teria mostrado "que qualquer fenômeno físico observado empiricamente corresponde exatamente a um modelo matemático deduzido de axiomas pré-estabelecidos como verdadeiros." (p. 256). Embora Garding (1981) afirme que o modelo e a teoria de Newton respondem a uma série de questões astronômicas, é importante salientar que, contrariamente à afirmação de Vargas (1996), um fenômeno físico pode ser representado não por apenas um, mas por vários modelos matemáticos, dependendo das variáveis consideradas ou não. Corroborando essa afirmação, Davis e Hersh (1986) afirmam que um modelo é uma 'coisa temporária', "uma aproximação conveniente de um estado de coisas, em vez de ser expressão de verdade eterna" (p. 108).

Data dessa mesma época o desenvolvimento de outras várias aplicações para o cálculo infinitesimal, creditadas aos irmãos Bernoulli: Jacques (1654 - 1705) e Jean (1667 - 1748) juntamente com Leibniz (1646 - 1716), um dos criadores dessa ferramenta matemática. Os matemáticos do século XVIII utilizaram o cálculo diferencial segundo a notação de Leibniz para desenvolverem equações matemáticas as quais, na verdade, serviam de modelos para fenômenos físicos (VARGAS, 1996; BOYER, 1996).

Os cientistas Lagrange (1736-1813) e Laplace (1749-1827) também ofereceram grandes contribuições para a matematização da natureza, inclusive, tendo alguns deles utilizado elementos naturais para a criação do sistema de medidas fundamentado na base dez e utilizados

nos dias atuais (SILVA, 2004). Para Vargas (1996), as obras de Lagrange e Laplace sobre mecânica analítica forneceram elementos fundamentais na tarefa da matematização da física. (VARGAS, 1996).

Com o desenvolvimento da Física e da Matemática proporcionado pelos estudos de Newton, Lagrange, Fourier (1768-1830), Cauchy (1789-1857), Gauss (1777-1855), dentre outros cientistas, possibilitou-se o florescimento da era industrial (PINHEIRO, 2003, p. 23).

Já a matematização do fenômeno da transformação da energia calorífica em energias de outras espécies aconteceu graças ao desenvolvimento dos estudos de Carnot (1796 -1832) por parte de Clapeyron (1799 - 1864), aperfeiçoados por Clausius (1822 – 1888) (VARGAS, 1996).

São inúmeros os matemáticos, engenheiros e físicos, dentre outros profissionais, que se dedicaram à criação e utilização da matemática como ferramental para compreender e descrever a natureza, ou pelo menos algumas de suas facetas. Seria possível ainda descrever o trabalho de Josiah Willard Gibbs, no qual ele aborda matematicamente os fenômenos da natureza relacionados aos movimentos dispersos de partículas. Citam-se também Charles Augustin Coulomb, com a matematização dos fenômenos naturais relacionados à eletricidade e o magnetismo, André-Marie Ampère que analisou matematicamente a correlação entre corrente elétrica, campo magnético e movimento, James Clerk Maxwell, o grande responsável pela matematização dos fenômenos elétricos e magnéticos e Oliver Heavisides, cuja contribuição passou a ser fundamental para a solução de problemas de telegrafia e telefonia a longas distâncias, dentre diversos outros (VARGAS, 1996; BOYER, 1996).

Percebemos que as aplicações do conhecimento matemático foram importantes para o desenvolvimento de outros conhecimentos, em outros campos científicos, bem como a utilização desses novos conhecimentos, muito importantes para o desenvolvimento de instrumentos tecnológicos. Um bom exemplo disso seriam os estudos de Max Planck, publicados em 1900, sobre a natureza da energia. Esses estudos possibilitaram o desenvolvimento tecnológico em diversos campos da Física (VARGAS, 1996; FLEMING, 2001).

A utilização da Matemática, como uma das possibilidades para a compreensão de fenômenos naturais e fundamentação de intervenções

antrópicas⁸, ganhou impulso de grandes proporções quando os primeiros computadores entraram em atividade, em meados do século passado. Tais equipamentos trouxeram possibilidades para a resolução de equações que antes não eram resolvidas ou que dependiam de grandes esforços.

Com o aperfeiçoamento dos computadores, passaram a ser possíveis simulações matemáticas de alto nível, que vieram a contribuir, em alguma medida, para a previsão de fenômenos naturais complexos, bem como auxiliar no desenvolvimento de outras ciências. Por outro lado, Davis e Hersh (1986) afirmam que os *softwares*, eles próprios, são um tipo de matemática. Ao concordarmos com essa afirmação, podemos reconhecer que um novo *software*, além de exigir um amplo ferramental matemático em sua fabricação, também pode estar ligado à geração e funcionamento de tecnologias ainda mais avançadas⁹.

Skovsmose (2007) relata algumas indicações de aplicações matemáticas nos dias de hoje, segundo apresentadas por Rousseau (2002). A autora destaca as seguintes aplicações:

na área da saúde, onde "matemáticos e cardiologistas trabalham juntos para melhor compreenderem o mecanismo do coração"; aplicações em biologia molecular, onde "a teoria dos nós é usada para explicar as ações das enzimas"; otimização da forma, incluindo a forma da asa do avião, a forma de cascos de botes, a forma da coluna mais forte possível; pesquisa

⁸ Estou chamando de intervenções antrópicas todas e quaisquer atividades desenvolvidas pelo homem sobre o meio ambiente, independentemente de serem malélicas ou benéficas (IBGE, 2004).

⁹ Apenas para exemplificar essa fala, cito dois exemplos: o primeiro está relacionado às contribuições da criptografia matemática para toda a natureza de transações financeiras na *Internet*. Sem a criptografia, não haveria segurança para a transferência eletrônica de grandes quantias (BROWN e PORTER, 2001), fato comum no cotidiano. O segundo está relacionado às contribuições que as tecnologias computacionais, amparadas por conhecimentos da modelagem computacional, têm oferecido. Tais contribuições podem ser exemplificadas com o advento das impressoras 3D. Esses equipamentos possuem a capacidade de "esculpir" objetos, a partir de comandos de um *software*. Tais objetos podem variar de enfeites para casa ou escritório, próteses substitutivas para diversas partes do corpo, armas de fogo, instrumentos musicais e até outras impressoras 3D.

operacional, incluindo a otimização de uma cadeia de transportes e a otimização da distribuição de frequências de telefones celulares; reconhecimento de formas, incluindo leitura de códigos postais, leitura de cheques em um caixa automático de banco, reconhecimento de voz, de impressão digital; criptografia, onde a chave criptográfica comum demonstra novas aplicações dos resultados clássicos da teoria dos números; construção de sistema posicionai global, fornecendo posição na terra; compressão de imagem, onde a teoria dos fractais é aplicada; códigos que corrigem erros e que auxiliam a minimizar o número de erros no processo de decodificar "multiplicando" a informação original; o movimento de robôs, incluindo a construção de braços de robô, onde o cálculo da matriz conduziu ao insight de que são necessários 6 graus de liberdade (6 juntas) para obter um braço que pode ser operado livremente (SKOVSMOSE, 2007, p. 114).

Em vista do exposto, temos condições de destacar a importância do conhecimento matemático para alguns campos do saber. Seu envolvimento com o contexto da ciência e da tecnologia pode ser compreendido como partes que se juntam para formar um todo, como os componentes de uma mistura homogênea. Ainda, segundo Skovsmose (2001),

é impossível imaginar o desenvolvimento de uma sociedade do tipo que conhecemos sem que a tecnologia tenha um papel destacado, e com a matemática tendo um papel dominante na sua formação. Dessa forma, a matemática tem implicações importantes para o desenvolvimento e organização da sociedade – embora essas implicações sejam difíceis de identificar (p. 40).

É importante salientar, porém, que esse "papel destacado" da Tecnologia subsidiada pela Matemática pode assumir, segundo as intenções do financiador ou utilizador, contornos benéficos ou maléficis. Da mesma forma, quando se diz que "a Matemática tem implicações importantes para o desenvolvimento e organização da sociedade", é salutar reafirmar que essas implicações, em inúmeros

casos são de grande relevância social, mas em outros, pode-se dizer que também podem ser desastrosas.

Davis e Hersh (1986) apontam algumas "contribuições" oferecidas pelos matemáticos para a o desenvolvimento científico e tecnológico de aparatos para a guerra. Dentre esses aparatos, eles incluem melhorias no campo da aerodinâmica, hidrodinâmica e balística, o desenvolvimento de instrumentos essenciais no ar e no mar, como o radar e o sonar, o desenvolvimento da bomba atômica, desenvolvimento da criptografia e espionagem, a fotografia aérea, meteorologia, pesquisa operacional, o desenvolvimento e aperfeiçoamento de computadores, a econometria, a teoria dos foguetes, o desenvolvimento das teorias de controle e reconrole.

Embora Hardy (1967) tenha classificado a Matemática¹⁰ como ciência que, de maneira distante de qualquer atividade humana comum, poderia ser mantida "gentle and clean"¹¹ (p. 121), Davis e Hersh (1986) afirmam que muitos matemáticos experimentaram, após o advento das bombas atômicas lançadas sobre o território japonês, "um sentimento de pecado" (p. 124). Eles se viram como possíveis responsáveis pela liberação de "monstros sobre o mundo". Afligiam-se em pensar como poderiam reconciliar tais ações com quaisquer visões filosóficas que tivessem na vida (DAVIS e HERSH, 1986). A Matemática, antes vista como uma doutrina "remota e olímpica", "apareceu subitamente como sendo capaz de causar danos físicos, sociais e psicológicos" (DAVIS e HERSH, 1986, p. 124).

Alguns matemáticos, dadas as consequências evidentes de seus esforços, elegeram como a grande vilã da história a "matemática aplicada de todos os tipos", eximindo a matemática pura¹², que para

¹⁰ O autor está se referindo à Matemática Pura.

¹¹ Essa expressão foi traduzida por Bicudo como "de mãos limpas", conforme apresentado em Skovsmose (2007). O texto original para o trecho que traduzi acima é: "... there is one science at any rate, and that their own, whose very remoteness from ordinary human activities should keep it gentle and clean" (HARDY, 1967, p. 121).

¹² Segundo o site da Universidade de Waterloo, "A matemática é uma arte e uma ciência e a matemática pura encontra-se em seu coração. Matemática pura explora a fronteira da matemática e da razão pura. Ela é descrita como "a parte da atividade matemática que é feita sem levar em consideração explícita ou imediata a aplicação direta". Por outro lado, o que é "puro" em uma era muitas vezes torna-se aplicado em outra. Finanças e criptografia são exemplos atuais de

eles, "quanto mais abstrata, melhor". Muitos matemáticos também abandonaram para sempre as aplicações. Norbert Wiener foi um deles, ao desistir da pesquisa que vinha desenvolvendo sob o apoio governamental e decidir dedicar o resto de sua vida ao que chamou de "trabalho bom" em biofísica. Ele também se dedicou a fazer propaganda contra o uso desumano de seres humanos (DAVIS e HERSH, 1986).

Parece ter se constituído, ante aos olhos da população, uma ligação entre a Matemática e a guerra. Segundo Davis e Hersh (1986), em protestos contra a Guerra do Vietnam, ocorridos nos Estados Unidos, algumas instituições matemáticas, dentre às quais dois dos maiores centros de pesquisa em Matemática aplicada, baseados na Universidade de Nova Iorque e na Universidade de Wisconsin, sofreram ataques físicos. Um estudante de pós-graduação foi morto na ocasião.

Chegou-se a dizer que uma possível Terceira Guerra Mundial seria uma guerra dos matemáticos. Evidenciou, naquele momento, que a Matemática, assim como qualquer outra atividade da mente humana, não está livre de problemas morais. Ela está entrelaçada no "tecido geral da vida" e não é, por si só, boa ou má. Isso dependerá do que se fizer com ela (DAVIS e HERSH, 1986).

As contribuições desses autores vêm apresentar a Matemática como um tipo de conhecimento com substanciais ligações com outros campos das ciências, bem como das tecnologias. Por outro lado, é importante se ter em mente que não é possível aplicar a Matemática em todo lugar, e obter resultados necessariamente melhores que aqueles obtidos sem ela. Ela pode sim, ser aplicada na resolução de problemas, mas somente se esses problemas forem "cortados" de forma que se adéquem à matemática. A Matemática se apresenta como "perfeita" apenas quando construímos um contexto suficientemente adequado para essa proposta (BORBA e SKOVSMOSE, 2001). Concordando com Borba e Skovsmose (2001, p. 133), "acreditamos que a Matemática poderia se tornar simplesmente uma maneira possível de olhar o fenômeno e não o caminho".

Nesse sentido, Santos (1987) ao comentar sobre o rigor científico afirma que, por ser fundamentado em um rigor matemático, "é um rigor que quantifica e que, ao quantificar, desqualifica, um rigor que, ao

objetivar os fenômenos, os objetualiza e os degrada, que, ao caracterizar os fenômenos, os caricaturiza" (p. 32).

Portanto, não se trata de negar o envolvimento e contribuição da Matemática com outras ciências e tecnologias, mas compreender que ela é parte integrante, e traz em si uma carga de responsabilidades. Além disso, oferece condições para que se aprimorem campos de conhecimento, abram-se novos campos, e se desenvolvam tecnologias que, embora sejam, em muitos casos, essenciais para a manutenção da vida humana no Planeta, em outros são nocivas e podem colocar em risco a sobrevivência da espécie humana.

1.2. MODELAGEM MATEMÁTICA NA PERSPECTIVA DA MATEMÁTICA APLICADA

Como é possível utilizar a Matemática no ato da criação de conhecimentos no campo das Ciências e da Tecnologia? Como se dá esse processo? Qual é o papel da Matemática, de fato, na constituição das Ciências Naturais e Sociais?

Segundo exposto na seção anterior, foram muitas as contribuições da matemática para o desenvolvimento científico, em algumas áreas do conhecimento. Segundo Bassanezi (2004), ciências naturais como a Física, a Astrofísica e a Química estão amplamente matematizadas em seus aspectos teóricos. A Biologia, segundo o autor, está cada vez mais matematizada. Mecanismos que controlam dinâmicas populacionais, epidemiologia, ecologia, neurologia, genética e processos fisiológicos são algumas das frentes em que a Matemática tem apresentado algumas contribuições. Tais contribuições, quando se referem às ciências sociais (e porque não humanas), segundo o autor, já não são tão efetivas e significativas, mas não são completamente inexistentes.

Esse processo de matematização, ou seja, atividade em que a Matemática é utilizada como ferramental para oferecer *uma* compreensão de um fenômeno qualquer é chamado de modelagem matemática¹³. Para Bassanezi (2004, p. 06) a atividade de modelar

¹³ Enfatizamos que neste capítulo estamos discutindo o ato de modelar matematicamente no campo da Matemática Aplicada. Dessa forma, a expressão “modelagem matemática” será utilizada com esse sentido.

matematicamente consiste, essencialmente, “em transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los, interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”.

O principal objetivo da ação de se modelar matematicamente é chegar a um modelo matemático. Esse modelo, segundo Bassanezi (2004), é "um conjunto de símbolos e relações matemáticas que representam de alguma forma o objeto estudado" (p. 20). Davis e Hersh (1986), ao se referirem a Aris, afirmam que um modelo matemático é qualquer conjunto de equações ou estruturas matemáticas, "completo e consistente, que é elaborado para responder a alguma outra entidade do seu protótipo" (p. 107). Esse protótipo, segundo os autores, poderá ser "uma entidade física, biológica, social, psicológica ou conceitual" (DAVIS e HERSH, 1986, p. 197). Pode ser, inclusive, outro modelo matemático.

Os objetivos enumerados pelos autores, para que se construam modelos matemáticos são: 1) prever o que irá acontecer no mundo físico; 2) influenciar possíveis experimentações ou observações posteriores; 3) promover o progresso e a compreensão de conceitos; 4) auxiliar a axiomatização da situação física; 5) incentivar o desenvolvimento da matemática e da arte de construir modelos matemáticos. (DAVIS e HERSH, 1986).

Esses mesmos autores, porém, afirmam que o homem, maravilhado com a criação de uma variedade de configurações ou estruturas matemáticas, deliberadamente força vários aspectos físicos e sociais do universo, a fim de que se adaptem a esses modelos da melhor maneira possível. Caso o sapato se ajuste (como no caso da Cinderela), ou seja, caso o modelo ofereça uma boa resposta, temos um belo modelo matemático; "se não - e o mundo dos fatos concretos é mais semelhante à irmã feia; o sapato sempre aperta" (DAVIS e HERSH, 1986, p. 99), o modelo matemático não é tão bom, e volta-se à prancheta.

A forma metafórica utilizada anteriormente pelos autores nos mostra que dificilmente há um modelo matemático "ótimo" para qualquer situação do mundo físico ou social. Para os autores, "há, frequentemente, uma distância entre o que gostaríamos que nossa teoria fizesse, e aquilo que conseguimos que ela faça" (p. 106).

Nesse sentido, Bassanezi (2004) complementa que a "modelagem não deve ser utilizada como uma descritiva adaptada a qualquer situação da realidade" (p. 25). Para o autor, a modelagem tem várias restrições, e

seu uso só será adequado se oferecer, em alguma medida, contribuições no sentido de se compreender o fenômeno analisado.

Embora se considere que a teoria matemática de Newton para o movimento planetário foi um dos primeiros modelos modernos, se nos perguntarmos há quanto tempo o homem cria modelos matemáticos para explicar acontecimentos relacionados ao seu cotidiano, as repostas podem ser surpreendentes. Garding (1981), como já citado anteriormente, considera o conjunto dos números naturais como um modelo matemático simples. Como o desenvolvimento desse conjunto numérico remonta a milhares de anos, pode-se concluir que o ato de modelar matematicamente é tão antigo quanto, ou se confunde com a própria Matemática.

Davis e Hersh (1986), baseados em Aris, afirmam, conforme citado anteriormente, que modelos matemáticos são conjuntos de equações ou estruturas matemáticas. Dentre essas estruturas matemáticas, podemos citar as funções, os gráficos, as tabelas, as figuras ou formas geométricas, os *softwares*, dentre outros.

Mas será que esses modelos matemáticos, além de modelos simples como o conjunto dos números naturais, que utilizamos de forma mais ou menos intuitiva no nosso dia-a-dia, estariam presentes e/ou influenciando as vidas das pessoas ou seus cotidianos? Até que ponto um modelo matemático pode ser considerado um produto tecnológico?

Para responder à questão, citamos uma exemplificação de Skovsmose (2005):

O termo *overbooking* é utilizado para caracterizar uma prática comum entre companhias aéreas, e consiste em aceitar um número de reservas de passagens superior ao número de assentos da aeronave que fará o trajeto. Ele passou a ser utilizado pelas companhias aéreas quando elas perceberam uma certa regularidade na quantidade de passageiros que faziam reservas e não compareciam para o embarque (chamados *no show*) em determinados vôos. Essa situação foi sendo considerada insustentável pelas companhias aéreas, pois seus vôos decolavam com poltronas vagas, enquanto pretendentes de última hora àquelas vagas eram deixados para trás.

Para fazer uma reserva em um vôo qualquer, segundo opção de um cliente, um operador ou atendente de uma companhia aérea aperta algumas teclas em um computador, que autoriza, ou não, automaticamente a reserva. Algo simples. Porém, esse *software*, que torna essa tarefa tão corriqueira para o operador, foi desenvolvido a

partir de grande quantidade de ferramentais matemáticos. Ele é resultado de uma pesquisa que, provavelmente, levou em consideração o custo do voo, a tarifa paga por cada passageiro, a capacidade da aeronave, o número de passageiros alocados ao voo, os custos de não embarcar passageiros com reserva confirmada, a probabilidade de um passageiro com reserva não comparecer, os excedentes gerados por um voo, etc.

Esses *softwares*, que subsidiam a prática do *overbooking*, são exemplos de modelos matemáticos que influenciam a vida das pessoas. Enquanto as viagens aéreas ainda eram realidade apenas para uma parcela menor da população brasileira, a prática do *overbooking* trazia benefícios para as companhias aéreas, que tinham seus aviões decolando com uma quantidade maximizada de passageiros, e para muitos passageiros, que, sem esse tipo de política, teriam ficado à espera do próximo voo. Porém, com as modificações na política do transporte aéreo de passageiros e a chegada de companhias aéreas com melhores preços, o número de pessoas que se enquadravam no perfil de potenciais clientes aumentou significativamente. No entanto, as empresas aéreas continuaram a praticar o *overbooking* sem correções ou com correções insuficientes nos modelos matemáticos que os sustentavam. Passaram, então, a conviver com situações em que, digamos, para uma aeronave de 100 lugares, 110 pessoas faziam reservas e todas, ou quase todas elas compareciam para o embarque.

Esse exemplo relata algo semelhante a acontecimentos no Brasil na década de 2000, e com ele, objetivou-se mostrar como os modelos matemáticos estão presentes no cotidiano das pessoas e, da mesma forma que em muitos casos facilitam a vida, podem, de um momento para o outro (por falha na utilização ou por prazo de validade vencido), causar impensáveis transtornos. Embora reconheçamos que existiram diversos fatores envolvidos e influenciando o chamado “caos aéreo” ocorrido no Brasil na década passada, não temos dúvidas de que o *overbooking* foi um deles.

Dessa forma, conclui-se que os modelos matemáticos são produtos da atividade científica e tecnológica e estão presentes, influenciando em várias atividades humanas. Tais modelos, embora abstratos, interferem no andamento e desenrolar da vida de um grande número de pessoas e no desenrolar da sociedade.

Ao compreender como se desenvolve a modelagem matemática, torna-se menos complexo perceber que, em alguma medida, a Matemática está presente no desenvolvimento das ciências e tecnologia,

oferecendo algumas contribuições. Tal compreensão também mostra que modelos matemáticos constituem tecnologias que podem trazer benefícios e/ou prejuízos, dependendo da forma como forem utilizados pelo e no âmbito social.

Na seção seguinte, falaremos um pouco sobre a Ciência e a Tecnologia, bem como suas relações (com) e implicações na sociedade.

1.3. CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS)

É provável que poucas pessoas, em se considerando os aproximadamente 6,5 bilhões de habitantes do planeta Terra, nunca tenham se deparado, pelo menos uma vez, com algum produto, efeito ou resíduo, resultado da atividade científica e tecnológica. Tais produtos e seus efeitos podem ser identificados até mesmo em regiões longínquas, e isoladas, de forma que, mesmo uma pessoa, da mais distante comunidade, do mais isolado povo, ao passo que, efeitos do aquecimento global, agravados pela queima de combustíveis fósseis, têm se feito notar de canto a canto no mundo.

Temos vivido em uma época marcada por possibilidades de conforto. Apenas para citar uma dessas possibilidades, a comodidade oferecida pelos meios de transporte, bem como pelos meios de comunicação, tais como os mais diversos tipos de telefonia (fixa, móvel, *voip*) e a Internet, que, para além da possibilidade de falar, proporciona a possibilidade de, ver o outro, modificou, para alguns, a noção de distância.

Segundo Bauman (1999), a *Internet* deu origem a um novo tipo de espaço: o espaço cibernético. Citando Virilio, Bauman (1999) afirma que esse espaço é desprovido de dimensões espaciais. Enquanto Virilio afirma que, graças às interfaces dos terminais de computadores e monitores de vídeo, as pessoas não poderiam mais ser separadas por obstáculos físicos ou distâncias temporais, em outras palavras, não faria mais sentido diferenciar entre *aqui* e *lá*, Bauman (1999) é mais cauteloso. O autor lembra que tais afirmações são muito pretensiosas quando incluem "todos os humanos" na mesma condição. Para o autor, embora muitas pessoas já estivessem, na época, se beneficiando do espaço cibernético provido pela *Internet*, muitas, assim como antes, continuariam a ser "separadas por obstáculos físicos e distâncias

temporais" (p. 25). Em outras palavras, a noção de distância mudou para aqueles que podem pagar pela mudança.

Possibilidades como a que comentamos nesse exemplo foram antevistas e supervalorizadas no relatório “Ciência, a fronteira sem fim” apresentado pelo cientista Vannevar Bush, em julho de 1945, ao então presidente da república dos Estados Unidos da América, Harry S. Truman. Para Bush,

Os avanços na ciência, quando colocados em prática, significam mais empregos, salários maiores, jornadas de trabalho menores, colheitas mais abundantes, mais tempo para a recreação, para o estudo, para aprender a viver sem o trabalho mortalmente fatigante que tem sido a sina do homem comum há eras. Os avanços na ciência também trarão padrões de vida mais elevados, levarão à prevenção ou à cura de doenças, permitirão a preservação dos nossos recursos naturais, que são limitados, e nos darão meios de nos defender de agressões (1945, p. 10, tradução e grifos nossos).

A utilização das expressões “trarão”, “levarão”, “permitirão”, “darão”, parece transparecer a certeza de Bush que tal linearidade não poderia ser quebrada. Essa certeza se enquadra na equação apresentada por Cerezo (2004, p. 12), segundo a qual:

+ ciência = + tecnologia = + riqueza = + bem-estar social

Essa visão, que está ligada, segundo Cerezo (2004), a uma concepção clássica das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade¹⁴, se enquadra no mito da perspectiva salvacionista da Ciência e Tecnologia, segundo o qual,

¹⁴ Que pode ser representado por um modelo linear de desenvolvimento científico e tecnológico. Nesse sentido, Kincheloe (1997) afirma que existem muitos fatores em uso para disfarçar a dimensão ideológica do conhecimento. Para exemplificar, o autor cita a forma de trabalho da escola. Quando se ensina sobre "revolução industrial e a subsequente evolução da industrialização na história europeia, o foco está quase que exclusivamente nos benefícios do processo: o aumento da produção, a contribuição para o nosso padrão de vida, o relacionamento entre industrialização e relações de poder geopolíticas. As

em algum momento do presente ou do futuro a ciência e a tecnologia resolverão os problemas hoje existentes, conduzindo a humanidade ao bem-estar social. Duas ideias estão associadas a isso: CT necessariamente conduzem ao progresso e Ciência e Tecnologia são sempre criadas para solucionar problemas da humanidade, de modo a tornar a vida mais fácil. (AULER e DELOZOICOV, 2006, p. 4).

Ainda no relatório, Bush (1945) afirmava que, enquanto “os cientistas forem livres para ir em busca da verdade, seja lá aonde isso os levar, haverá um fluxo de novos conhecimentos científicos rumo àqueles que podem aplicá-los a problemas práticos no governo, na indústria ou em outro lugar” (p. 12, tradução nossa). Ele ainda ressalta que

O progresso científico num amplo espectro resulta do livre exercício de intelectos livres que trabalham em assuntos de sua própria escolha da forma ditada por sua curiosidade na exploração do desconhecido. A liberdade de investigação tem de ser preservada em qualquer plano governamental de apoio à ciência. (p. 12, tradução nossa)

Com tais recomendações, o autor deixa transparecer um posicionamento tecnocrático. Esse posicionamento, que defende uma suposta superioridade do modelo de decisões tomadas por “técnicos/especialistas”, segundo Auler e Delizoicov (2006), é alicerçado na crença de que seria possível neutralizar/eliminar o sujeito (ou a ação do sujeito) do processo científico-tecnológico. No âmbito desse modelo, segundo os autores citados, imagina-se ingenuamente que

o *expert* (especialista/técnico) pode solucionar os problemas, inclusive os sociais, de um modo eficiente e ideologicamente neutro. Para cada problema existe uma solução ótima. Portanto,

questões dos efeitos sociais da industrialização são raramente levantadas: a despiritualização do trabalho, a ética da desabilitação, a irracionalidade da burocratização, a destruição ambiental e assim por diante”. (p. 210).

devem-se eliminar os conflitos ideológicos ou de interesse (p. 04).

Entretanto, essa concepção clássica das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, que se apoiava tanto na perspectiva salvacionista da Ciência e Tecnologia quanto na crença da superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, deu grande exemplo de suas possibilidades destrutivas com a detonação das bombas atômicas *Little Boy* e *Fat Man* sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki em agosto de 1945¹⁵.

A partir de meados do século passado, um sentimento de preocupação foi tomando o lugar da euforia em relação às possibilidades do modelo linear de desenvolvimento científico e tecnológico. Já era possível perceber que esse modelo não conduzia linear e automaticamente ao desenvolvimento do bem-estar social (AULER, 2002).

De fato, a linearidade apresentada por Bush (1945) faz sentido, desde que feitas algumas ressalvas e considerações. Ciência e Tecnologia realmente têm gerado muita riqueza e muito "bem estar social". As questões a serem levantadas seriam: riqueza para quem? Bem estar social para que sociedade ou para que parte dessa sociedade?

Tais questões, citando um exemplo, parecem ter sido consideradas e respondidas pelo presidente do conselho de administração da *Bayer AG*, Dr. Marijn Dekkers, em meio a uma discussão com autoridades indianas sobre patentes de medicamentos. A principal patente em discussão era a do anticancerígeno *Nexavar*, remédio de última geração utilizado no tratamento de câncer de fígado e rins. Segundo Benito (2014), em reportagem publicada no jornal eletrônico *El Pais*, Dekkers afirmou: "Não criamos este medicamento para os indianos, mas para os ocidentais que podem pagar por ele" (Disponível em:

<http://brasil.elpais.com/brasil/2014/01/23/sociedad/1390497913_508926.html>. Acessado em: 25 jan. 2014, grifo nosso). Segundo reportagem do jornal britânico *Mail Online*, o tratamento de um paciente utilizando o *Nexavar* por um ano custaria aproximadamente U\$ 96.000. A autoridade indiana propôs a quebra da patente do medicamento criando

¹⁵ De fato as bombas foram detonadas no mês seguinte àquele em que Vannevar Bush entregara o relatório "Ciência, a fronteira sem fim" ao presidente Truman.

um "genérico". O mesmo tratamento utilizando esse medicamento genérico custaria U\$ 2.800.

O senhor Marijn Dekkers, em um momento de deslize, expressou a posição das grandes corporações farmacêuticas (mas que poderia valer também para a maioria das demais corporações), já conhecida por todos nós, embora jamais assumida por elas, qual seria, de que a riqueza produzida graças aos avanços científico e tecnológico (muitas vezes financiados com dinheiro público) fica com as corporações, o "bem estar social" só existirá para quem puder pagar por ele e, segundo o que temos visto, para todos ficam apenas os prejuízos ambientais recorrentes do consumismo gerado.

Cerezo (2004) aponta uma sucessão de desastres relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico, como “vazamentos de resíduos poluentes, acidentes nucleares em reatores civis e de transportes militares, envenenamento por produtos farmacêuticos, derramamento de petróleo etc. (p. 14)”, discutindo a necessidade de se “revisar a política científico-tecnológica de carta branca” (p. 14), o que, necessariamente, alteraria a relação entre a sociedade e a concepção de Ciência e Tecnologia praticada.

Dentre vários elementos, duas obras podem ser consideradas marcos alavancadores do movimento chamado de CTS: A Estrutura das Revoluções Científicas, livro do físico e historiador da ciência Thomas Kuhn e Silent Spring, escrito pela bióloga naturalista Rachel Carsons (AULER, 2002).

Segundo Mitchan (1989), citado por von Linsingen (2007), a obra de Kuhn foi de crucial importância por considerar novos enfoques para a atividade científica, que se contrapunham à concepção tradicional, desencadeando um novo ímpeto de reflexões acadêmicas no campo da História e da Filosofia da Ciência. Já em relação à obra de Carsons, Cutcliffe (1990), citado pelo mesmo autor, afirma que foi importante por expor sérias questões relativas aos riscos associados aos inseticidas químicos como o DDT - Dicloro-Difenil-Tricloroetano, alimentando, com isso, a reação dos movimentos sociais, principalmente ecologistas, pacifistas e da contracultura, contribuindo de várias maneiras para a criação dos movimentos ambientalistas.

A partir da década de 1970, segundo Cerezo (2004), começa uma mudança da imagem da Ciência e Tecnologia, movimento que se encontra em intenso desenvolvimento nos dias atuais. Segundo o autor,

esse movimento constitui os chamados estudos CTS. Para Cerezo (2004), os estudos CTS objetivam

a apresentação da ciência-tecnologia, não como um processo ou atividade autônoma, que segue uma lógica interna de desenvolvimento em seu funcionamento ótimo, mas como um processo ou produto inerentemente social, em que os elementos não técnicos (por exemplo, valores morais, convicções religiosas, interesses profissionais, pressões econômicas etc.) desempenham um papel decisivo em sua gênese e consolidação (p. 15).

Para o mesmo autor, esses estudos CTS constituem programas de pesquisa de colaboração disciplinar, mas que têm em comum: “a) a rejeição da imagem da ciência como uma atividade pura; b) a crítica da concepção da tecnologia como ciência aplicada e neutra; c) a condenação da tecnocracia” (p. 17).

O autor ainda apresenta “três grandes direções” que comportariam os estudos CTS desde o seu aparecimento:

- *No campo da pesquisa*, busca-se promover uma nova visão não essencialista e contextualizada da atividade científica como processo social.
- *No campo das políticas públicas*, os estudos CTS têm defendido a regulação pública da Ciência e Tecnologia, por meio da criação de diversos mecanismos democráticos, que facilitem a abertura de processos de tomada de decisões em questões relativas a políticas em Ciência e Tecnologia.
- *No campo da educação*, essa nova imagem da ciência e da tecnologia na sociedade se cristaliza com o aparecimento, em numerosos países, de programas e materiais alinhados com a perspectiva CTS.

Alguns autores (VILCHES, PÉREZ e PRAIA, 2011; PEDRETTI et al., 2008) tem defendido a incorporação da letra "A", para ambiente, ao acrônimo CTS, dando origem à CTSA, justificando essa alteração pela necessidade de se dar maior ênfase às consequências ambientais causadas pelo desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia.

Embora a perspectiva de Modelagem por nós proposta nessa tese inclua fortemente as questões ambientais, optamos por seguir outros autores (AINKENHEAD, 2005; SANTOS, 2011), que acreditam que a sigla CTS, segundo a perspectiva crítica, dá conta de abranger as questões ambientais. Santos (2011) afirma que, mais importante do que mudar a sigla a ser utilizada, "é a explicitação clara de que concepção se tem em mente ao se empregar qualquer *slogan*." (p. 32). Para o autor, em muitos casos, o termo CTS se aproxima das questões ambientais, já em outros, se afasta. Por outro lado, afirma o autor, "a sigla CTSA pode também expressar diferentes concepções do que se entende por EA ou por educação para a sustentabilidade". (p. 32).

É importante, porém, ter em mente que, divorciar CTS e questões ambientais significa desconsiderar as origens do movimento CTS, as quais se encontram totalmente ligadas às questões problemáticas ambientais. A título de exemplificação, o livro "Primavera Silenciosa" de Rachel Carson (1962), um dos pilares do movimento CTS, objetivou a denúncia e discussão dos efeitos nocivos da utilização do DDT sobre os seres vivos, incluindo a espécie humana.

Considerando a finalidade dessa pesquisa, que é identificar quais *aspectos relacionados à Educação CTS e à Modelagem podem subsidiar a emergência de uma perspectiva de Modelagem com enfoque CTS*, a grande direção descrita no terceiro tópico, ou seja, aquele que trata dos estudos CTS no campo da Educação, é a que mais nos interessa (as demais não são, porém, descartadas em momento algum). Portanto, passaremos a fazer algumas considerações sobre a educação na perspectiva CTS.

2. CTS, MODELAGEM E EDUCAÇÃO

2.1. A EDUCAÇÃO NA PERSPECTIVA CTS

Pensar em maior participação de outros segmentos da sociedade, além de cientistas e tecnólogos, nas decisões relacionadas às demandas da Ciência e Tecnologia faz emergir outras questões. Para que se efetive tal participação, é preciso que a população (ou boa parte dela) abandone o status de “analfabeta”¹⁶ científica e tecnológica. Segundo Auler e Delizoicov (2001A), a sociedade ainda é analfabeta científica e tecnologicamente e, numa dinâmica social crescentemente vinculada aos avanços científico-tecnológicos, a democratização desses conhecimentos é considerada fundamental.

O parágrafo anterior reafirma a necessidade de que se desenvolva uma educação científica e tecnológica, que habilite os vários segmentos da sociedade no sentido de tornar a população capaz de compreender projetos e empreendimentos envolvendo a Ciência e Tecnologia, possibilitando, dessa forma, maior participação social nas decisões a eles relacionadas. A partir dessa percepção, a Escola surge como espaço privilegiado para que se efetivem práticas educacionais fundamentadas em currículos e modelos focados na educação científica e tecnológica voltada às questões e demandas sociais. Esse modelo educacional se aproxima da chamada “educação com enfoque CTS” ou “Educação CTS”.

Segundo von Linsingen (2007), a Educação CTS objetiva

desenvolver nos estudantes uma sensibilidade crítica acerca dos impactos sociais e ambientais derivados das novas tecnologias ou a implantação das já conhecidas, formando por sua vez uma imagem mais realista da natureza social da ciência e da tecnologia, assim como do papel político dos especialistas na sociedade contemporânea (p. 08).

Embora o autor esteja se referindo mais especificamente a estudantes do Ensino Superior, esse objetivo também serve para a

¹⁶ Optei por utilizar essa expressão por ser proposta por pesquisadores da área.

Educação Básica, tanto em nível médio quanto fundamental. Para ele, esse modelo educacional poderá proporcionar aos estudantes,

futuros juízes e advogados, economistas e educadores, uma opinião crítica e informada sobre políticas científica e tecnológica que os afetarão como profissionais e como cidadãos. Assim, essa educação deve capacitá-los para participar de forma frutífera em controvérsias públicas ou em discussões institucionais sobre tais políticas (p. 08).

Para Cerezo (2004), o objetivo de se alfabetizarem os cidadãos nos assuntos concernentes à Ciência e Tecnologia seria torná-los capazes de tomar decisões informadas e promover, nos especialistas a serviço da sociedade, o pensamento crítico e a independência intelectual. Para o autor, todos os níveis educacionais são apropriados para levar a cabo essas mudanças em conteúdos e metodologias, reconhecendo, porém, que a maior parte daquilo que se tem feito está voltada aos ensinos médio e superior.

Cerezo (2004) apresenta três modalidades principais em que tem se desenvolvido alguma ação relacionada à educação CTS:

1 - *CTS como complemento curricular*, que “consiste em completar o currículo tradicional com uma matéria de CTS pura” (p. 20). Os objetivos dessa modalidade são “transmitir a estudantes de diversas especialidades uma consciência crítica e informada sobre Ciência e Tecnologia, mostrando, por exemplo, os limites ecológicos do desenvolvimento econômico e tecnológico” (p. 21). O principal risco dessa modalidade, segundo o autor, é a dissonância de concepções entre a disciplina de CTS e as disciplinas de ciências tradicionais desenvolvidas por professores com pontos de vista tradicionais.

2 - *CTS como complemento de matérias*, que “consiste em completar os temas tradicionais do ensino de cada ciência específica com complementos CTS ao final das ementas correspondentes, ou intercalando de algum outro modo os conteúdos” (p. 21). O objetivo geral dessa modalidade, segundo Cerezo (2004), é “conscientizar os estudantes sobre as consequências sociais e ambientais da Ciência e Tecnologia” (p. 22). O risco de se adotar esse modelo é de se omitir conteúdos específicos CTS ou convertê-los em adendos decorativos.

3 - *Ciência e Tecnologia através de CTS*, considerada a menos frequente opção, “consiste em reconstruir os conteúdos do ensino da

ciência e da tecnologia através de uma ótica CTS” (p. 23). O objetivo geral dessa modalidade é, segundo o autor, “capacitar o estudante no uso e compreensão de conceitos científicos, já que lhe é explicada a utilidade e a problemática social que pode ter uma parte da física, da química” (p. 24) e porque não, da Matemática?

No entender de Cerezo (2004),

o formato padrão de apresentação de conteúdos nesta opção é, em primeiro lugar, eleger um problema importante relacionado com os papéis futuros do estudante (cidadão, profissional, consumidor etc.) e, em segundo lugar, sobre tal base, selecionar e estruturar o conhecimento científico-tecnológico necessário para que o estudante possa entender um equipamento, tomar uma decisão ou entender um problema social relacionado coma ciência ou a tecnologia (p. 23).

Essa modalidade educativa tem alguns pontos em comum como tendência da Modelagem¹⁷. A modalidade, “Ciência e Tecnologia através de CTS”, portanto, é a mais adequada e servirá como pano de fundo para a proposta de trabalho que pretendemos realizar a partir dessa pesquisa. Com o intuito de identificar aproximações entre a Modelagem e a Educação CTS, na próxima seção, serão desenvolvidas algumas considerações sobre a Modelagem na Educação Matemática.

2.2. A MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

As reflexões anteriores mostram a importância de uma compreensão mais ampla sobre o papel da Matemática em todos os momentos da escolarização do indivíduo, no tocante à alfabetização matemática. Não é suficiente que se despejem conteúdos matemáticos em salas de aulas do primeiro ao décimo segundo ano da Educação Básica. Mendes (2009) afirma que é necessário que matemáticas para a cidadania e para a preservação da vida sejam desenvolvidas com mais firmeza, ou diríamos, com mais consistência.

¹⁷ Trataremos da Modelagem no próximo capítulo.

Ensinar e aprender Matemática, a partir de problemas reais, comuns ao campo da Ciência, Tecnologia e Sociedade se mostra como importante alternativa e possibilidade quando se objetiva à superação de desigualdades sociais e mesmo econômicas, além do enfrentamento de problemas ambientais provenientes dos impactos causados pela ação do homem. Nesse sentido, a Modelagem, como forma de pensar a educação matemática, pode oferecer algumas contribuições.

Conforme apresentado no capítulo sobre modelagem matemática na Matemática Aplicada, embora a Modelagem Matemática seja uma ação desempenhada há centenas de anos, segundo pesquisa que desenvolvemos anteriormente¹⁸, o uso da modelagem matemática, não apenas para elaborar modelos subsidiadores da Ciência e Tecnologia, mas para ensinar matemática, deu seus primeiros passos (ao menos os registrados nos anos 1970), com a pesquisa desenvolvida por Celso Braga Wilmer, orientado por Aristides Camargo Barreto, na Universidade Católica do Rio de Janeiro. Esse trabalho ainda não fazia referência à expressão Modelagem, falando apenas em “modelos na aprendizagem da Matemática”.

Mas afinal, o que é modelagem matemática na Educação Matemática? Araújo (2002) analisou alguns trabalhos que relatavam experiências de atividades, e uma das suas conclusões foi que há uma multiplicidade de perspectivas sobre esse assunto. Em outras palavras, há uma variedade de trabalhos que, embora sejam encaminhados/desenvolvidos com características bem próprias, em muitos casos se diferenciam em certa medida de outros, e são considerados por seus propositores como atividades de Modelagem. Para a pesquisadora, embora haja essa multiplicidade de perspectivas no que se entende por Modelagem, há certa tendência na concordância quanto ao objetivo dessa atividade, que seria o de tentar compreender, com alguma simplificação, algum fenômeno da realidade por meio do ferramental matemático, desenvolvido pela cultura da matemática escolar.

A mesma pesquisadora defende a Modelagem como uma abordagem, por meio da Matemática, de um problema não-matemático da realidade, ou de uma situação não-matemática da realidade, escolhida pelos alunos reunidos em grupos, de tal forma que as questões da

¹⁸ Silveira (2007).

Educação Matemática Crítica¹⁹ embasem o desenvolvimento do trabalho.

Outros autores também têm procurado oferecer contribuições no sentido de compreender o que é a Modelagem. Para Caldeira (2009), a Modelagem é uma “concepção de educação matemática” e não apenas uma metodologia. Burak (1992) vê a Modelagem como o desenvolvimento de alguns procedimentos cujo objetivo seria explicar situações do cotidiano por meio da matemática.

A utilização da Modelagem na sala de aula vem sendo defendida por vários motivos apresentados por Blum e Niss (1989, p. 07-08, tradução nossa) que, a partir de uma revisão da literatura, agruparam, em cinco argumentos. São eles:

- Argumento de formação: enfatiza a aplicação da matemática e da realização de modelagem matemática e resolução de problemas como meio apropriado para o desenvolvimento de competências e atitudes dos alunos, em particular orientados para a criatividade e a capacidade de resolver problemas;
- Argumento da competência crítica: está preocupado com a preparação dos alunos para viver e agir com integridade como cidadãos individuais e sociais e para que desenvolvam uma competência crítica na sociedade extremamente matematizada. O objetivo de tal competência crítica é capacitar os alunos a "ver e julgar" de forma independente, para reconhecer, compreender, analisar e avaliar os exemplos representativos dos usos da matemática no mundo real, incluindo a proposição de soluções para problemas socialmente significativos;
- Argumento da utilidade: enfatiza que o ensino da Matemática deve preparar os alunos para utilizarem a matemática e resolver problemas ou descreverem aspectos específicos das áreas e situações extramatemáticas, se referindo a outras disciplinas ou contextos profissionais ou para o

¹⁹ Tanto o conceito de Educação Matemática Crítica quanto o de Modelagem na perspectiva Socio-Crítica serão bem detalhados mais adiante nesse trabalho.

cotidiano presente e futuro dos alunos. Este argumento assenta no pressuposto que a capacidade de usar a matemática em situações extramatemáticas não resulta automaticamente a partir do domínio da Matemática pura, mas exige certo grau de preparação e formação;

- Argumento pela importância da própria Matemática: considera que, por meio da Modelagem e da Resolução de Problemas surgem situações significativas para entender e interpretar a própria Matemática nas suas diferentes facetas, como uma ciência e como um campo de atividade na sociedade e na cultura;
- Argumento pela promoção da aprendizagem da matemática: o argumento de que a incorporação de resolução de problemas, aplicações e aspectos de atividades de modelagem e em aulas de matemática auxilia os alunos na aprendizagem e manutenção de conceitos matemáticos proporcionando motivação e relevância dos estudos em Matemática.

Tais argumentos reforçam a importância do desenvolvimento de projetos, trabalhos, atividades envolvendo a Modelagem nas escolas. Além disso, parecem apontar para lugares comuns também a educação CTS. Os argumentos de formação da competência crítica e de utilidade podem, se julgados sob uma perspectiva comprometida com questões científicas, sociais e tecnológicas, atender aos objetivos da educação CTS. É com base nesses argumentos e nos lugares comuns, partilhados pela Modelagem e pela educação com enfoque CTS, que essa pesquisa se mostra relevante.

Embora outros trabalhos, como a tese de Pinheiro (2005), tenham discorrido sobre a Educação Matemática e o enfoque CTS, a autora não avança na proposição de uma perspectiva de Modelagem com tal finalidade, pois esse não foi o seu objetivo. Dentre as publicações sobre Modelagem, tanto em trabalhos de conclusão de mestrados e doutorados (SILVEIRA, 2007), ou em livros (BARBOSA, CALDEIRA e ARAÚJO, 2007; ALMEIDA, ARAÚJO e BISOGNIN, 2011; MEYER, CALDEIRA e MALHEIROS, 2011), ou periódicos especiais tratando sobre o assunto (Boletim e Educação Matemática - Bolema, 2012; Acta Scientiae, 2012; Alexandria: Revista de Educação em Ciência e

Tecnologia, 2009), quanto em Anais de Conferências Nacionais sobre Modelagem na Educação Matemática, não localizamos relatos que apontem no sentido do estudo aqui relatado. Assim, parece-nos pertinente apresentar essa pesquisa como original, e válida, portanto, para uma tese.

Uma vez esclarecido o contexto geral em que o estudo se origina, explicitamos o objetivo e problema de pesquisa, bem como indicativos dos aspectos metodológicos apresentados como significativos para os propósitos desta tese.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

A questão “*quais aspectos relacionados à Educação CTS e à Modelagem podem subsidiar a emergência de uma perspectiva de Modelagem com enfoque CTS?*”, principal norteadora dessa pesquisa, nos fez refletir acerca da metodologia que usaríamos para o desenvolvimento deste trabalho. Assim, doravante, passamos a discutir e apresentar os elementos da metodologia escolhida por nós.

A fonte de dados para alimentar a pesquisa foi a bibliografia especializada das áreas contempladas no objeto de estudo, ou seja: a Modelagem Matemática na Educação Matemática e Educação CTS, conjuntamente constituíram um novo objeto: Modelagem Matemática na perspectiva CTS

Segundo já especificado anteriormente, nosso interesse pelo objeto Modelagem Matemática na perspectiva CTS surge após contato com o campo da Educação com enfoque nas relações CTS em uma das disciplinas do doutorado. A possibilidade de aproximar as problemáticas emergentes do campo das relações CTS à atividade da Modelagem tornou-se um interessante indicador, que temos perseguido desde então, e que começa a tomar forma neste texto.

A metodologia de pesquisa escolhida para o desenvolvimento do presente trabalho foi a *Grounded Theory*²⁰ (GT), que tem recebido alguns nomes em português, tais como “teoria fundamentada nos dados” ou “teoria enraizada”. Essa Metodologia²¹ foi inaugurada em 1967, com a publicação do livro *The Discovery of Grounded Theory*, pelos cientistas estadunidenses Barley Glaser, da escola realista da Columbia University de Nova York e Anselm Strauss, da escola de Chicago cuja tradição está ligada a estudos qualitativos de campo também influenciada pelo pragmatismo. (TAROZZI, 2011; CHARMAZ, 2009).

²⁰ Nesse texto, seguindo indicações de Tarozzi (2011), optamos por utilizar as iniciais GT como uma sigla para *Grounded Theory*.

²¹ Não há consenso sobre a GT ser um método ou uma metodologia de pesquisa. Segundo Tarozzi (2011, p. 18), “para Glaser (1978) e outros ela é essencialmente uma metodologia, para Juliet Corbin (STRAUSS & CORBIN, 1990) é um método, para Kathy Charmaz (2006), uma constelação de métodos”.

Em oposição à idéia inicial de Glaser e Strauss, de que em uma GT a teoria seria descoberta como algo que surge dos dados, isolado do observador científico, Kathy Charmaz aponta para uma vertente da GT em que nem os dados nem as teorias são descobertos. Segundo a autora, “somos parte do mundo o qual estudamos e dos dados os quais coletamos” (CHARMAZ, 2009, p. 24). Para ela, nós é que construímos as teorias fundamentadas e isso ocorre por meio “dos nossos envolvimento e das nossas interações com as pessoas, as perspectivas e as práticas de pesquisa, tantos passados como presentes.” (CHARMAZ, 2009, p. 25).

Neste contexto, assumiremos uma vertente da GT que se aproxima daquela defendida por Kathy Charmaz, esclarecida por Massimiliano Tarozzi e descrita no livro “O que é a *Grounded Theory*? Metodologia de pesquisa e de teoria fundamentada nos dados”, segundo a qual “a GT pode ser entendida fundamentalmente como uma metodologia que contém várias indicações de procedimentos.” (TAROZZI, 2011, p. 18).

Segundo Tarozzi (2011), a GT não possui um quadro teórico de referência unívoco, mas diversos referenciais teóricos. No entanto, “compartilha com o interacionismo simbólico a visão de uma realidade social em constante mutação, entendida como o produto de contínuas trocas negociáveis, simbólicas e internacionais entre as pessoas.” (TAROZZI, 2011, p. 93).

Quem faz GT, portanto, está em busca de uma teoria²² em que dados possam ser integrados, sintetizados e conceitualizados. Utilizar a GT será apropriado, dessa forma, se houver a intenção de indagar determinado tema objetivando “fazer emergir os processos subjacentes às afirmações dos participantes.” (TAROZZI, 2011. p. 93).

Identificada a área da investigação, que, segundo Tarozzi (2011), é selecionada a partir da articulação de um interesse pessoal muito profundo e enraizado e um sólido conhecimento científico sobre o argumento, o próximo passo é definir a pergunta gerativa da pesquisa. Como apontado, nossos estudos anteriores em Modelagem e as explorações recentes no campo das relações CTS, mais o nosso interesse em promover a emergência de uma perspectiva em que esses dois

²² Uma teoria pode ser entendida como um conjunto sistemático de conceitos, ligados entre si através de relações explícitas, que é capaz de explicar fenômenos e é dotado de certa capacidade de previsão. (TAROZZI, 2011, p. 28).

campos se fazem aliados, satisfazem essas primeiras condições apresentadas pelo autor.

No início do trajeto em uma GT, a pergunta de pesquisa é gerativa, aberta e, não excessivamente focalizada. Para o citado autor, “o problema de pesquisa, em sua formulação precisa, não pode ser definido claramente com antecedência, pois o risco seria de forçar excessivamente os dados” (TAROZZI, 2011, p. 65). Essa questão vai sendo afinada à medida que a pesquisa vai se delineando. As primeiras modificações poderão surgir no momento da primeira imersão no campo de pesquisa.

Tarozzi (2011), comentando uma crítica de Glaser a Strauss e Corbin, alerta para a possibilidade de tornar a pesquisa muito definida e focalizada quando o ponto de partida são perguntas de pesquisa muito definidas e focalizadas. Com isso, poderia se encontrar nas categorias a confirmação de ideias preconcebidas mais ou menos implicitamente na pergunta inicial.

Pensando nessas orientações, procuramos elaborar uma questão de pesquisa aberta, deixando espaço para, a partir da coleta dos dados, possivelmente modificá-la, adequando-a às informações levantadas. Como aludido anteriormente, a questão inicial proposta foi a seguinte: *Quais aspectos relacionados à Educação CTS e à Modelagem podem subsidiar a emergência de uma perspectiva de Modelagem com enfoque CTS?*

A GT é considerada, sobretudo, um método de análise de dados qualitativos. Sua contribuição original é ligada principalmente às práticas analíticas. Não oferece, porém, subsídios específicos em relação à coleta de dados (TAROZZI, 2011). Ainda que não estejam claras as orientações sobre o processo da coleta de dados, Glaser e Holton (2004) afirmam que em uma GT pode-se usar qualquer tipo de dados, embora deixe claro que os favoritos até o momento são aqueles de natureza qualitativa. O autor ainda afirma que em uma GT “*all is data*”, ou seja, tudo pode ser considerado como dados e não apenas alguns dados específicos.

Se por um lado tudo são dados, por outro também se pode considerar todo e qualquer dado se manifesta na forma de um texto. Palmer (1996), citado por Kluber (2012, p. 59), afirma que “o objecto de interpretação, o texto no seu sentido mais lato, pode ser constituído pelos símbolos de um sonho ou mesmo por mitos e símbolos sociais e literários”. Dessa forma, pode-se compreender que, ao fim, o

pesquisador está trabalhando com texto, independentemente do tipo de dado recolhido.

Tarozzi (2011) afirma que os três principais instrumentos utilizados para coletar dados em uma GT são:

1. a observação etnográfica;
2. a entrevista;
3. os documentos e a análise de texto.

Charmaz (2009) classifica os textos em dois tipos, os extraídos e os existentes. Textos extraídos são aqueles produzidos por solicitação do pesquisador aos seus colaboradores pesquisados; já os textos existentes incluem a literatura. Nesse caso, embora os textos sejam considerados dados ou fontes de dados, segundo a autora, esses textos são produzidos por outros motivos que podem ser bastante distintos. No nosso caso, vamos trabalhar com textos existentes.

Mediante o exposto, percebe-se a pluralidade de tipos de dados. Assim, de acordo com o objeto de pesquisa estabelecido, optamos por trabalhar com análise de artigos versando sobre os dois eixos que compõem a questão de pesquisa: a Modelagem e a Educação CTS. Nossa opção se justifica se levarmos em conta que o texto é o local em que o conhecimento se torna disponível por meio da linguagem (BICUDO, 1993). Ao ler um texto sobre determinado tema, é possível compreender coisas a respeito desse tema, além de elencar suas características e compreender seu engendramento. Dessa forma, escolher artigos sobre os eixos que compõem essa pesquisa (já nomeados anteriormente) é buscar uma compreensão das suas características. Segundo a metodologia aqui descrita, valemo-nos dessas características para fazer emergir um novo conhecimento, que traz elementos característicos de cada um daqueles eixos, mas com características próprias de algo novo. Aqui, esse algo novo seria uma perspectiva de Modelagem com enfoque nas questões CTS.

Quando se faz GT, não se escolhem todos os sujeitos a serem pesquisados de uma só vez. A amostragem teórica, conforme orienta Tarozzi (2011), exige partir de um pequeno número de sujeitos e, somente após receber os primeiros *feedbacks* da teoria emergente, promove-se a ampliação do grupo. Conforme já indicamos anteriormente, nossa opção foi trabalhar com artigos como fonte de

dados, e, para compor nossa amostragem teórica inicial, estabelecemos alguns critérios para a escolha desses textos.

Em ambas as áreas - Modelagem e Educação CTS -, os textos e autores foram escolhidos com base em suas contribuições para o crescimento dos respectivos campos. Para compor a amostragem teórica inicial, decidimos trabalhar com 16 textos, oito deles provenientes do campo da Modelagem e oito do campo da Educação CTS. A seguir, são descritos os critérios e procedimentos utilizados para a escolha dos autores e textos.

A escolha dos textos de Modelagem

Pensamos que um modo razoável de identificar os principais pesquisadores em uma determinada área pode se dar pela análise da frequência em que os textos escritos por eles são utilizados como referências por outros pesquisadores. É preciso, porém, saber onde estão os textos nos quais se averiguarão os autores mais citados. Concluímos que um *locus* nacional²³ para buscar tais textos seria nos anais de congressos, conferências e encontros que possuem grupos de trabalho envolvidos com a Modelagem na Educação Matemática.

Pensando em Modelagem, nenhum evento nacional é tão relevante quanto a Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática (CNMEM), que acontece desde o ano de 1999, e é realizada de dois em dois anos desde então. A idéia de fazer esse tipo de busca surgiu a partir do trabalho de Klüber (2012). Para esse autor, “referências utilizadas em trabalhos publicados na área poderiam se constituir em uma seta, uma ponte para olhar o fenômeno mesmo” (KLÜBER, 2012, p. 62). O autor ainda apresenta alguns aspectos que orientariam a escolha do *locus* para a busca dessas referências. São eles:

1. Ser um evento consolidado sobre Modelagem Matemática na Educação Matemática;
2. Receber publicações de trabalhos de todos os lugares do país e até mesmo de outros países;

²³ Nossa decisão em tomar para estudo apenas textos de autores nacionais tem a ver com a valorização da pesquisa nacional e, como nossa intenção foi elaborar uma nova frente de trabalho, julgamos pertinente atrelá-la às pesquisas desenvolvidas no País.

3. Congregar discussões em níveis teóricos e práticos;
4. Ter como participantes os principais representantes da área; e
5. Reunir pessoas experientes e iniciantes (KLUBER, 2012).

Com base nesses critérios, optamos por trabalhar com textos nomeados de Comunicações Científicas publicados nos anais dos últimos três CNMEM, realizados nos anos de 2007, 2009 e 2011 nas cidades de Ouro Preto - MG, Londrina- PR e Belém - PA, respectivamente.

Após averiguarmos as referências bibliográficas de todos esses textos, organizamos tabelas com os autores e os textos mais utilizados. Dentre esses autores, escolhemos quatro, por entendermos que, embora tenham diferentes concepções acerca da Modelagem, têm desenvolvido trabalhos relacionados, com maior ou menos grau de proximidade, à perspectiva sociocrítica da Modelagem. Os pesquisadores escolhidos no campo da Modelagem foram Jonei Cerqueira Barbosa, Jussara de Loiola Araujo, Otávio Roberto Jacobini e Ademir Donizeti Caldeira.

Nossa opção por autores cujos trabalhos têm “alguma afinidade” com a teoria educacional crítica ou com a Modelagem na perspectiva Sóciocrítica²⁴, relaciona-se à nossa concepção de educação, segundo a qual, as questões sociais devem permear todas as disciplinas, tornando a escola amplo espaço para a formação de cidadãos socialmente ativos. Assim, todo e qualquer ato educacional deve ter como objetivo, concordando com Skovsmose (2001), reagir às contradições sociais.

A escolha por trabalhar com artigos se dá por alguns motivos, dentre eles, por considerarmos que a busca por uniformidade e o fato do artigo ser um texto sintético em que o autor explicita aquilo que considera central nas suas idéias, torna o texto mais objetivo, indo diretamente ao ponto de interesse, o que facilita o seu estudo.

Optamos por escolher oito artigos do campo da Modelagem, sendo dois deles de cada pesquisador selecionado. Um dos escolhidos foi o mais citado de cada um dos quatro autores nas sessões de Comunicação Oral das últimas três CNMEM. Para selecionar o segundo, entramos em contato com o próprio autor e pedimos a ele um artigo que representasse bem sua visão acerca da Modelagem.

²⁴ Neste trabalho, a Modelagem na perspectiva Sociocrítica, para fins de facilitação de nomenclatura, é chamada de Modelagem crítica.

Os textos selecionados segundo, os critérios já expostos, são apresentados no QUADRO 1.

AUTORES E TEXTOS NO CAMPO DA MODELAGEM UTILIZADOS INICIALMENTE NA PESQUISA		
Jussara de Loiola Araujo	P11 ²⁵	ARAÚJO, J. L. Relação entre matemática e realidade em algumas perspectivas de modelagem matemática na educação matemática. In: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. de L. (Org.) <i>Modelagem Matemática na educação matemática: pesquisas e práticas educacionais</i> . Recife: SBEM. 2007. p. 17-32.
	P3	ARAÚJO, J. L. Uma abordagem sócio-crítica da modelagem matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. <i>Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia</i> , v.2, n.2, p. 55-68, 2009. Disponível em: < http://alexandria.ppgect.ufsc.br/files/2012/03/jussara.pdf >. Acesso em: dezembro/ 2010.
Jonei Cerqueira Barbosa	P12	BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., 2001, Caxambu. <i>Anais...</i> Rio Janeiro: ANPED, 2001.
	P13	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. L. (Orgs.) <i>Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais</i> . Recife: SBEM, 2007. p. 161-174.
Ademir Donizeti Caldeira	P14	CALDEIRA, A. D. A modelagem matemática e suas relações no currículo. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE MODELAGEM MATEMÁTICA, 4., Feira de Santana, 2005. <i>Anais...</i> Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2005.

²⁵ Essa identificação foi atribuída pelo *software ATLAS.ti* à medida que cada texto foi sendo carregado na base de dados do *software*. Cada texto foi sendo inserido na base de dados no momento em que foi estudado pela primeira vez.

	P15	CALDEIRA, A. D. Modelagem matemática: um outro olhar. In: <i>Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia</i> . Santa Catarina, v. 2, n. 2, p.33-54, jul 2009. Disponível em: < http://alexandria.ppgect.ufsc.br/files/2012/03/ademir.pdf >. Acesso em: dezembro/ 2010.
Otávio Roberto Jacobini	P4	JACOBINI, O. R.; WODEWOTZKI, M. L. L. Uma reflexão sobre a Modelagem Matemática no contexto da Educação Matemática Crítica. <i>Bolema</i> , Ano 19, n.25. Rio Claro, SP: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, IGCE/ UNESP, 2006, p. 71- 88.
	P16	JACOBINI, O. R. Modelagem Matemática em sua Dimensão Crítica: novos caminhos para conscientização e ação políticas. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., 2007, Ouro Preto. <i>Anais...</i> Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto. 2007.

QUADRO 1

A escolha dos textos de CTS

O modelo utilizado para selecionar os quatro pesquisadores do campo CTS que forneceriam os oito textos (objetos de estudo nessa pesquisa) foi semelhante àquele utilizado para selecionar pesquisadores e textos no campo da Modelagem. Porém, como o campo educacional focado em CTS não possui um evento específico, optamos por utilizar os anais dos últimos três ENPECs - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, nos anos de 2005, 2007 e 2009²⁶, para selecionar os pesquisadores desse campo. Essa escolha se deve ao fato de que o ENPEC está entre os maiores eventos brasileiros envolvendo a educação em Ciências. Os textos averiguados em busca dos autores mais citados foram aqueles classificados como comunicações orais constantes dos anais dos eventos mencionados.

²⁶ Embora tenha acontecido um ENPEC em 2011, até a data em que fizemos essa pesquisa inicial para a busca de autores e textos mais utilizados, os Anais desse evento ainda não estavam disponíveis.

Nesse caso, também organizamos tabelas classificando os autores e os textos mais citados. Os autores escolhidos para subsidiar nossos estudos no campo da Educação CTS foram Wildson Luiz Pereira dos Santos, Décio Auler, Walter Antonio Bazzo e Irlan von Lisingen. Também nesse caso optamos por trabalhar apenas com artigos, segundo considerações já feitas.

Alguns dos artigos aqui selecionados foram publicados pelo autor escolhido em parceria com um coautor. Isso não foi considerado como um fato problemático, pois nosso principal interesse é pelo texto em si, sendo a autoria apenas um critério para escolher os pesquisadores considerados de maior relevância no campo.

Quanto à quantidade, seguimos os mesmos critérios utilizados para a escolha dos textos em Modelagem. O primeiro texto foi eleito de acordo com a quantidade de citações, e o segundo foi solicitado ao autor via e-mail, exceto no caso do pesquisador Walter Antonio Bazzo, para o qual solicitamos a indicação dos dois artigos²⁷. Os trabalhos e autores selecionados ao final estão enumerados no QUADRO 2.

AUTORES E TEXTOS NO CAMPO CTS UTILIZADOS INICIALMENTE NA PESQUISA		
Décio Auler	P2	AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. <i>Ciência & Educação</i> , Bauru; v. 7, n. 1, p.1-13, 2001.
	P6	AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o contexto brasileiro. <i>Ciência & Ensino</i> , Campinas; v. 1, n. especial, novembro de 2007.
Wildson Luiz Pereira dos Santos	P1	SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. <i>Ensaio</i> , v.2, n.2, p. 133- 162, 2000.
	P7	SANTOS, W. L. P. dos. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Orgs.). CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas. Brasília:

²⁷ Isso foi necessário porque os textos mais citados desse pesquisador foram livros e, conforme já aludido, optamos por trabalhar apenas com artigos.

		Editora Universidade de Brasília, 2011.
Walter Antonio Bazzo	P5	BAZZO, W. A. A pertinência de abordagens CTS na Educação Tecnológica. <i>Revista Iberoamericana de Educación</i> , Madrid, v. 1, n.28, p. 83-100, 2002. Disponível em: < http://www.rioei.org/rie28f.htm >. Acesso em: junho/ 2010.
	P8	BAZZO, W. A. Cultura científica versus humanística: a CTS é o elo? <i>Revista Iberoamericana de Educación</i> , Madrid, n. 58, p. 61-79, 2012. Disponível em: < http://www.rioei.org/rie58a03.pdf >. Acesso em: junho/ 2012.
Irlan von Linsingen	P9	von LISINGEN, I. von. O Enfoque CTS e a Educação Tecnológica: Origens, Razões e Convergências Curriculares. In: XI Congreso Chileno de Ingeniería Mecánica – COCIM, 11., 2004, Antofagasta. <i>Anais...</i> Antofagasta, 2004. p. 1-11. Disponível em: < http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/CTS%20e%20EducTec.pdf >. Acesso em: dezembro/ 2005.
	P10	von LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. <i>Ciência & Ensino</i> (UNICAMP), v. 1, p. 01-16, 2007. Disponível em: < http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaensino/article/view/150/108 >.

QUADRO 2

Apenas para enfatizar, reiteramos que os 16 textos escolhidos fizeram parte da chamada amostra inicial. Considerávamos que à medida que novas informações fossem requeridas para a saturação de categorias²⁸, novos textos seriam elencados, segundo a necessidade. Os

²⁸ “Pode-se afirmar que uma categoria está saturada quando não se encontram mais dados ulteriores que desenvolvam outras propriedades da categoria ou suscitem novas intuições teóricas. Obtém-se a saturação seguindo o desenvolvimento teórico das categorias, quando os dados se tornam redundantes, no sentido de que, para qualquer direção que se prossiga na coleta

critérios para a escolha de novos textos, segundo exposto anteriormente, seriam definidos de acordo com a natureza da informação que se fizesse necessária. O universo de autores utilizados continuaria a ser formado pelos autores mais citados em artigos apresentados em eventos importantes de cada área. Posteriormente, após minucioso estudo dos 16 textos selecionados, percebemos que não seriam necessários novos textos, pois todas as categorias criadas já estavam saturadas.

Dos 16 textos escolhidos segundo critérios apresentados, selecionamos quatro para desenvolver um projeto piloto cujos dados são apresentados no capítulo seguinte. Desses quatro textos, dois são sobre Modelagem na Educação Matemática, e dois sobre CTS e questões educacionais, conforme o quadro seguinte:

TEXTOS ESCOLHIDOS PARA DESENVOLVER O PROJETO PILOTO DA PESQUISA PROPOSTA		
Relações CTS	P1	SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. <i>Ensaio</i> , v.2, n.2, p. 133- 162, 2000.
	P2	AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. <i>Ciência & Educação</i> , Baurú; v. 7, n. 1, p.1-13, 2001.
Modelagem na Educação Matemática	P3	ARAÚJO, J. L. Uma abordagem sócio-crítica da modelagem matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. <i>Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia</i> , v.2, n.2, p. 55-68, 2009.
	P4	JACOBINI, O. R.; WODEWOTZKI, M. L. L. Uma reflexão sobre a Modelagem Matemática no contexto da Educação Matemática Crítica. <i>Bolema</i> , Ano 19, n.25. Rio Claro, SP: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, IGCE/ UNESP, 2006, p. 71- 88.

QUADRO 3

Portanto, toda essa descrição metodológica foi aplicada, inicialmente, com quatro dos 16 textos, e os resultados apresentados

de dados, confirmam-se constantemente aquelas mesmas categorias e suas propriedades” (TAROZZI, 2011, p. 152).

mais adiante; as descrições e análises, foram feitas em relação aos dados coletados dessas leituras. Inicialmente, como era de se esperar, não percebemos a saturação de nenhuma das categorias surgidas a partir da leitura e codificação dos textos iniciais. Isso se deve ao fato de termos trabalhado com dados coletados de apenas quatro fontes, os quatro textos utilizados para o piloto da pesquisa. Em seguida, após a leitura dos demais textos, todas as categorias criadas apresentaram saturação, de forma que nenhum outro texto foi necessário.

Segundo Tarozzi (2011), em uma GT não existe separação temporal entre o momento da coleta dos dados e sua codificação e análise, e é fundamental que tais processos aconteçam paralela e simultaneamente. Adaptando as orientações de Tarozzi (2011) às necessidades desta pesquisa, concluímos que a primeira codificação ajuda a definir os temas a serem buscados nas próximas leituras. Também é fundamental para identificar possíveis necessidades e direções nas quais se ampliará a amostra, "para escrever nos memorandos²⁹ as primeiras reflexões e favorecer a emersão de insight (intuições) que o(a) pesquisador(a) pode ter, mesmo nas primeiras fases da pesquisa". (p. 70).

Nesse trabalho, como consideramos os textos o material para a pesquisa, a coleta de dados consistiu em buscar, "baixar" ou digitalizar e preparar os textos para a codificação, que, segundo Tarozzi (2011, p. 122), "é o conjunto dos procedimentos e das técnicas para conceituar os dados".

Para o autor,

A codificação acontece em três fases progressivas e, conceitualmente, cada vez mais elevadas. A primeira, codificação inicial, explora analiticamente os dados, abrindo-os a todas as direções de sentido possíveis, indagando pontualmente e meticulosamente cada porção do texto de que são constituídos e designando as primeiras etiquetas conceituais. A segunda, por um lado, analisa elementos conceituais comuns subjacentes a porções mais amplas de texto e, por outro lado, organiza e sintetiza os dados esboçando as categorias e reunindo-as em

²⁹ Mais adiante, iremos especificar o que são e para que servem esses memorandos.

macrocategorias. [...] A terceira fase, enfim, é o momento da construção da teoria. Quando as categorias estão maduras, evidenciam-se os nexos que as interligam e, sobretudo, são integradas dentro de uma teoria coerente e unitária (TAROZZI, 2011, p. 123).

No primeiro momento, conforme observado no excerto anterior, acontece a codificação inicial ou aberta. Laperrière (2008, p. 361) afirma que essa fase da codificação “tem por objetivo fazer emergir dos dados o maior número possível de conceitos e de categorias”.

Tarozzi (2011), comentando Strauss e Corbin (1998), afirma que a denominação “codificação aberta” atribuída a essa fase, por aqueles autores, é apropriada por várias razões e, ao ser definida “aberta”, uma codificação comporta dois significados:

por um lado é aberta porque o(a) pesquisador(a) se mantém aberto(a) aos dados, pronto(a) a acolher as solicitações que provêm dos mesmos; por outro lado, é aberta no sentido de que esse tipo de codificação visa abrir (open up) os dados, a explorar (explicitar) fragmentos de texto para fazer emergir todos os significados possíveis que o texto é capaz de gerar (2011, p. 125).

Esses fragmentos de texto são gerados por um processo chamado codificação linha por linha, que consente “selecionar os segmentos mínimos de texto dotados de um sentido para a pesquisa. As unidades de sentido podem ser compostas por parágrafos inteiros, locuções, frases.” (TAROZZI, 2011, p. 128). Para Charmaz, o estudo dos dados pela codificação linha por linha “desperta novas ideias a serem investigadas” (2009, p. 78). Além disso, para a autora, esse tipo de codificação possibilita que o pesquisador obtenha *insights* sobre os tipos de dados a serem coletados em seguida.

Codificar significa atribuir um “nome³⁰” para cada nova unidade mínima de sentido que contém um conceito. Algumas dessas unidades mínimas de sentido se assemelham a outras já codificadas. Nesse caso, usa-se o mesmo código para ambas, ou seja, um nome atribuído a cada categoria. Para não impor denominações derivadas da literatura sobre o tema, Tarozzi (2011, p. 71) defende a “codificação *in vivo*”, isto é,

³⁰ O nome é o código.

aquela que utiliza as mesmas palavras de quem fala para denominar a categoria” ou dar nome ao código. Charmaz (2009) também defende a codificação “*in vivo*”. Para ela, “os códigos *in vivo* ajudam-nos a conservar os significados dos participantes, relativos às suas opiniões e atitudes na própria codificação” (CHARMAZ, 2009, p. 84).

Para exemplificar a codificação “*in vivo*”, vejamos a situação abaixo:

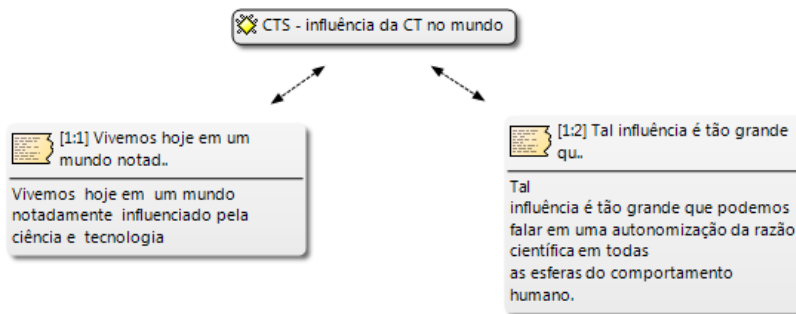


Figura 1- Exemplo de codificação utilizando o ATLAS.ti

Fica bastante evidente que o nome do código, “influência da CT no mundo” está relacionado ao texto que se objetiva codificar. É importante ressaltar que nem sempre é possível codificar “*in vivo*”. Há citações, por exemplo, que podem ser classificadas dentro de um código já existente, eliminando a necessidade de se criar um novo código. Assim, a codificação “*in vivo*” evidentemente não é possível.

Para fazer essa codificação (conforme comentamos anteriormente), estamos utilizando um *software* alemão chamado *ATLAS.ti*, desenvolvido pela empresa *Scientific Software Development*. O *software* pode ser adquirido e baixado diretamente no site da empresa desenvolvedora, e obtivemos licença vitalícia para a versão que ora utilizamos.

Segundo o site da empresa, o *ATLAS.ti* é uma ferramenta poderosa para a análise qualitativa de grande corpos textuais, gráficos, dados, áudio e vídeo. Julgamos importante, porém, após observações e manejo do *software*, esclarecer que, na pesquisa qualitativa, ele deve ser entendido como uma ferramenta importante na organização e manejo de dados, apenas como ferramenta de análise, e não como o analisador. Em

outras palavras, as análises só podem ser realizadas pelo pesquisador responsável pelo trabalho. Somente assim será possível criar uma teoria mais consistente.

Segundo Bandeira-de-Mello e Cunha (2003), “dentre os *softwares* existentes, o *ATLAS.ti* é uma alternativa viável para o desenvolvimento de *Grounded Theory*, visto que foi elaborado principalmente para essa finalidade” (p. 06).

No sentido de ilustrar as funcionalidades do *Atlas t.i*, destacamos os principais elementos constituintes, expostos no **QUADRO 4**.

PRINCIPAIS ELEMENTOS DO <i>ATLAS.ti</i>	
ELEMENTOS	DESCRIÇÃO
Unidade hermenêutica <i>(Hermeneutic unit)</i>	Reúne todos os dados e os demais elementos.
Documentos primários <i>(Primary documents)</i>	São os dados primários coletados. Em geral, são transcrições de entrevistas e notas de campo e de checagem. São denominados de Px, onde x é o número de ordem.
Citações <i>(Quotes)</i>	Trechos relevantes das entrevistas que geralmente estão ligados a um código. Sua referência é formada pelo número do documento primário onde está localizada, seguido do seu número de ordem dentro do documento. Também constam da referência as linhas, inicial e final.
Códigos <i>(Codes)</i>	São os conceitos gerados pelas interpretações do pesquisador. Podem estar associados a uma citação ou a outros códigos e são indexados pelo nome. Apresentam dois números na referência; o primeiro se refere ao número de citações ligadas a ele, e o segundo, ao número de códigos. Os dois números representam, respectivamente, o grau de fundamentação (<i>groundedness</i>) e o de densidade (<i>density</i>) do código.
Notas de análise	Descrevem o histórico da interpretação do pesquisador e os resultados das codificações até a elaboração final da

(<i>Memos</i>)	teoria.
Esquemas (<i>Netview</i>)	São os elementos mais poderosos para exposição da teoria. São representações gráficas das associações entre os códigos (categorias e subcategorias). O tipo das relações entre os códigos é representado por símbolos.
Comentário (<i>Comment</i>)	Todos os elementos podem e devem ser comentados, principalmente os códigos, fornecendo informações sobre seu significado.

QUADRO 4 - Fonte: Bandeira-de-Mello e Cunha (2003, p. 6)

O *software ATLAS.ti* permite o trabalho com bancos de dados, de onde podem ser resgatados textos conforme a necessidade do pesquisador. No caso desta pesquisa, os quatro textos escolhidos para a primeira codificação foram agrupados em uma Unidade Hermenêutica (HU), que funciona como um banco de dados específico, em que cada texto inserido, chamado de *Primary Document* (PD), é devidamente nomeado e explorado linha por linha. O *software* permite marcar trechos dotados de significado para a pesquisa (*quotes*) no texto, e criar códigos específicos (*codes*) ligados a cada trecho selecionado (*quote*). É sempre possível inserir novos documentos primários (PD) e codificá-los, exatamente o que fizemos com os demais 12 textos, após a parte piloto da pesquisa.

A seguir, apresentamos um exemplo de codificação feita no *ATLAS.ti*. O trecho do texto destacado é a citação (*quote*) que foi codificada. O código (*code*) usado para essa citação foi “MM – objetivos da EMC”. As barras verticais representam a abrangência da citação codificada e marcam todas as linhas englobadas na citação codificada.

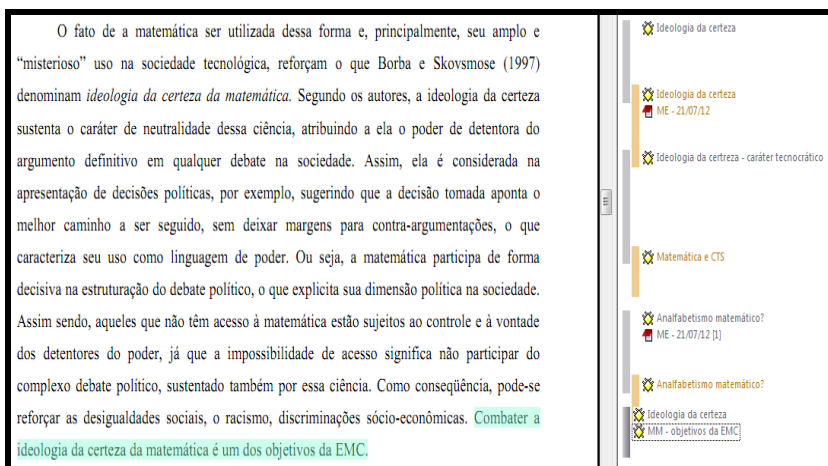


Figura 2 - Exemplo de codificação utilizando o ATLAS.ti

O *software* oferece também a possibilidade de serem estabelecidas redes (*networks*), em que os códigos (*codes*) podem ser associados a outros segundo alguns conectores que representam: condições causais, intervenientes consequências e ações. Essas redes facilitam a identificação de categorias principais e até da categoria principal, chamada na GT de *Core Category*.

Ao longo de todo esse processo, o *software* oferece a possibilidade de se fazerem anotações em documentos chamados *memos* (memorandos³¹), essenciais para o desenrolar da escrita da teoria mais adiante. Voltaremos a falar dessas *memos* ainda neste texto.

A seguir, apresentamos a imagem de uma rede, que tem no centro um código chamado de CTS – tema que estabelece algumas relações, segundo conectores, com outros códigos. O polígono chamado de “comentários sobre CTS – tema” é um memorando que traz alguns elementos, ideias e possibilidades sobre o código e também sobre a rede na qual ele se insere.

³¹ A palavra memorando, nesse texto, quer significar "notas de teorização".

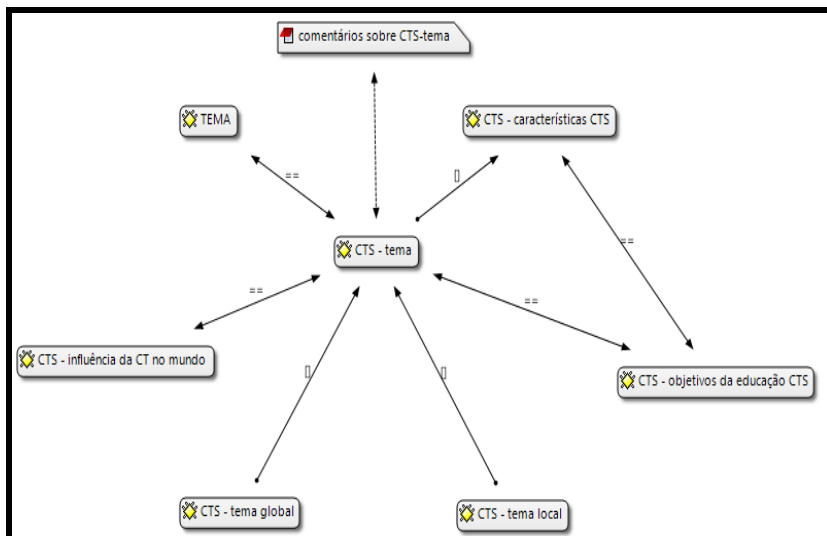


Figura 3 - network ou rede desenvolvida no ATLAS.ti

Ao final da codificação aberta, espera-se que o pesquisador tenha criado uma boa quantidade de códigos. No caso dessa pesquisa, considerando apenas os quatro textos que escolhemos para fazer o piloto a ser apresentado na qualificação, após a primeira codificação, foram gerados 65 códigos que englobaram 263 citações, distribuídas segundo o quadro seguinte.

NÚMERO DE CITAÇÕES CODIFICADAS POR TEXTO		
NOME no ATLAS.ti	TEXTO	NÚMERO de CITAÇÕES
P1	SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. <i>Ensaio</i> , v.2, n.2, p. 133- 162, 2000.	97

P2	AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. <i>Ciência & Educação</i> , Baurú; v. 7, n. 1, p.1-13, 2001.	31
P3	ARAÚJO, J. L. Uma abordagem sócio-crítica da modelagem matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. <i>Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia</i> , v.2, n.2, p. 55-68, 2009. Disponível em: < http://alexandria.ppgect.ufsc.br/files/2012/03/jussara.pdf >. Acesso em: dezembro/ 2005.	98
P4	JACOBINI, O. R.; WODEWOTZKI, M. L. L. Uma reflexão sobre a Modelagem Matemática no contexto da Educação Matemática Crítica. <i>Bolema</i> , Ano 19, n.25. Rio Claro, SP: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, IGCE/UNESP, 2006, p. 71- 88.	37

QUADRO 5

Na fase seguinte, após codificados os 12 textos restantes, surgiram 20 novos códigos, totalizando 85, bem como 307 novas citações, cujo número final ficou em 570. O quadro seguinte apresenta o número de citações codificadas em cada um dos 16 textos.

NÚMERO DE CITAÇÕES CODIFICADAS POR TEXTO		
NOME no <i>ATLAS.ti</i>	TEXTO	NÚMERO de CITAÇÕES
P1	SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-	101 ³²

³² É possível notar que o número de citações codificadas no texto P1, assim como em P3 e P4, aumentou em relação à tabela anterior. Isso ocorre porque à medida que se avança na codificação, se volta aos textos já lidos em busca de novas informações. Nessas voltas, em novas leituras, elementos não percebidos antes podem se mostrar.

	T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio, v.2, n.2, p. 133-162, 2000.	
P2	AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. Ciência & Educação, Bauru; v. 7, n. 1, p.1-13, 2001.	31
P3	ARAÚJO, J. L. Uma abordagem sócio-crítica da modelagem matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. <i>Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia</i> , v.2, n.2, p. 55-68, 2009. Disponível em: < http://alexandria.ppgect.ufsc.br/files/2012/03/jus.sara.pdf >. Acesso em: dezembro/ 2010.	99
P4	JACOBINI, O. R.; WODEWOTZKI, M. L. L. Uma reflexão sobre a Modelagem Matemática no contexto da Educação Matemática Crítica. <i>Bolema</i> , Ano 19, n.25. Rio Claro, SP: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, IGCE/ UNESP, 2006, p. 71- 88.	41
P5	BAZZO, W. A. A pertinência de abordagens CTS na Educação Tecnológica. <i>Revista Iberoamericana de Educación</i> , Madrid, v. 1, n.28, p. 83-100, 2002. Disponível em: < http://www.rieoei.org/rie28f.htm >. Acesso em: junho/ 2010.	22
P6	AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o contexto brasileiro. <i>Ciência & Ensino</i> , Campinas; v. 1, n. especial, novembro de 2007.	39
P7	SANTOS, W. L. P. dos. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Orgs.). <i>CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas</i> . Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011.	19
P8	BAZZO, W. A. Cultura científica versus	9

	<p>humanística: a CTS é o elo? Revista Iberoamericana de Educación, Madrid, n. 58, p. 61-79, 2012. Disponível em:</p> <p><http://www.rieoei.org/rie58a03.pdf >. Acesso em: junho/ 2012.</p>	
P9	<p>von LISINGEN, I. von. O Enfoque CTS e a Educação Tecnológica: Origens, Razões e Convergências Curriculares. In: XI Congresso Chileno de Ingeniería Mecánica – COCIM, 11., 2004, Antofagasta. Anais... Antofagasta, 2004. p. 1-11. Disponível em:</p> <p><http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/CTS%20e%20EducTec.pdf>. Acesso em: dezembro/ 2005.</p>	31
P10	<p>von LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. Ciência & Ensino (UNICAMP), v. 1, p. 01-16, 2007. Disponível em:</p> <p><http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/150/108>.</p>	35
P11	<p>ARAÚJO, J. L. Relação entre matemática e realidade em algumas perspectivas de modelagem matemática na educação matemática. In: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D; ARAÚJO, J. de L. (Org.) <i>Modelagem Matemática na educação matemática: pesquisas e práticas educacionais</i>. Recife: SBEM. 2007. p. 17-32.</p>	18
P12	<p>BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., 2001, Caxambu. <i>Anais...</i> Rio Janeiro: ANPED, 2001.</p>	29
P13	<p>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. L. (Orgs.) <i>Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas</i></p>	10

	educacionais. Recife: SBEM, 2007. p. 161-174.	
P14	CALDEIRA, A. D. A modelagem matemática e suas relações no currículo. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE MODELAGEM MATEMÁTICA, 4., Feira de Santana, 2005. <i>Anais...</i> Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2005.	25
P15	CALDEIRA, A. D. Modelagem matemática: um outro olhar. In: <i>Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia</i> . Santa Catarina, v. 2, n. 2, p.33-54, jul 2009. Disponível em: < http://alexandria.ppgect.ufsc.br/files/2012/03/ademir.pdf >. Acesso em: dezembro/ 2010.	26
P16	JACOBINI, O. R. Modelagem Matemática em sua Dimensão Crítica: novos caminhos para conscientização e ação políticas. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., 2007, Ouro Preto. <i>Anais...</i> Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2007.	35

QUADRO 6

O *software ATLAS.ti* possibilita que as citações ligadas a um código possam ser trazidas à visualização a qualquer momento. Na barra de menus, clica-se em “codes”. O *software* vai listar todos os códigos criados pelo pesquisador até o momento. Escolhe-se aquele que interessa, clica sobre ele com o botão direito do *mouse* e opção *open network view*. O *Software* abre uma página/rede para o código escolhido. Em seguida, clica-se sobre o código com o botão direito do *mouse* e escolhe-se a opção *import neighbors/ import common neighbors*. O *software* traz para tela todas as citações ligadas ao código em questão. Na figura seguinte, esse processo foi feito para o código “tema”.

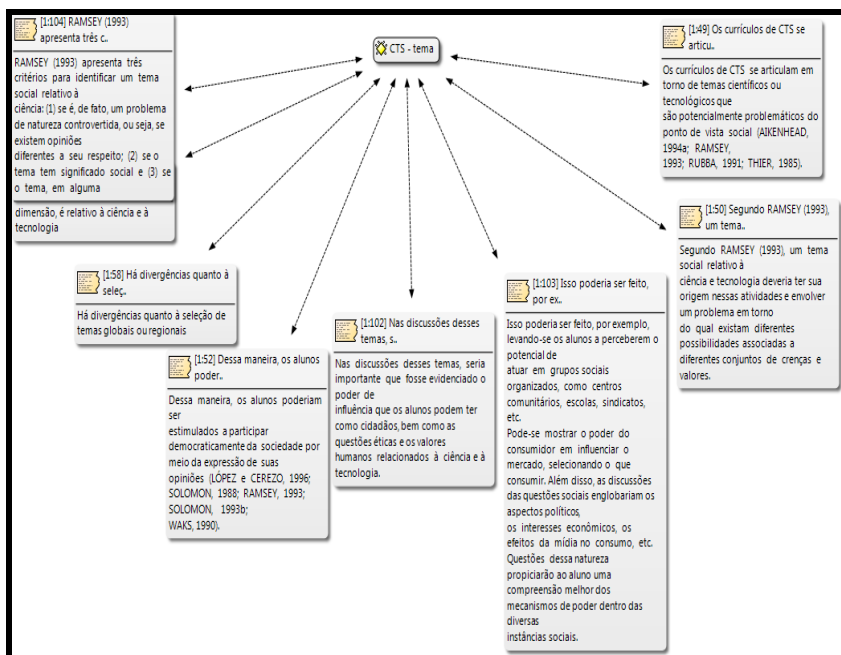


Figura 4 - Citações ligadas ao código “tema”

Esse é um momento oportuno para que o pesquisador, com a ajuda do *ATLAS.ti* faça uma reflexão intensa e aprofundada sobre os códigos criados em busca de trazer à tona os primeiros agrupamentos desses códigos, dando início à formação das primeiras categorias.

Considerando a possibilidade que a GT oferece no sentido de que a formação da amostragem não obedece a uma lógica probabilística, e sim respeitando a lógica das indicações que provêm do processo de análise, conforme já dito, essas primeiras categorias darão indicações de que rumo seguir com a investigação, que textos escolher para as próximas codificações, pois o pesquisador já percebeu os locais em que a teoria emergente demonstra fragilidade.

Finalizada a codificação aberta, o pesquisador coleta novos dados para o desenvolvimento da codificação focalizada. Tarozzi (2011) identifica dois processos principais nessa fase: “identificar macrocategorias, conceitos mais amplos, temas salientes capazes de interpretar mais exatamente amplas porções de dados. Interligar as

categorias entre si e estas com subcategorias e definir suas propriedades” (p. 136). Esse autor afirma que o ato de interligar as categorias entre si é o que Strauss e Cobin denominam “codificação axial”.

Essa fase exige “a tomada de decisão sobre quais os códigos iniciais permitem uma compreensão analítica melhor para categorizar os dados de forma incisiva e completa” (CHARMAZ, 2009, p. 87). É preciso, portanto, que o pesquisador abandone a “tranquilizadora” confirmação empírica dos dados que levam somente às descrições sistemáticas e organizadas, e ceda à emoção da teorização, deixando emergir intuições dos dados, contando não tanto com a contínua leitura dos dados ou em ulteriores coletas, mas confiando na capacidade criativa da intuição que nos vem da sensibilidade teórica, inerente ao ato de conhecimento (TAROZZI, 2011).

O mesmo autor ainda afirma que, se na codificação aberta os dados foram fragmentados, distintos entre si e separados analiticamente, na codificação focalizada tem início o processo sintético: buscar linhas de coerência entre os dados.

Mais uma vez, Tarozzi (2011) chama a atenção para a nomeação de categorias. Para ele, “um dos riscos dessa fase é de utilizar um léxico técnico extraído da literatura científica sobre o tema” (p. 139). Para o autor, embora seja normal que quem faz pesquisa conheça o âmbito científico a ser pesquisado seja levado a “utilizar tal linguagem através de expressões codificadas na literatura que exprimem propriamente e rigorosamente aquilo que se está observando” (p. 139), ao contrário,

nessa fase, é preferível não utilizar essas expressões que fecham a riqueza dos significados evocados pelos participantes dentro de definições rígidas que atraem muitos e diversos significados e necessariamente os reduzem a formalizações partilhadas e objetos (p. 139).

Embora seja utilizada ao longo de toda a pesquisa, nessa fase, a escrita de memorandos representa praticamente uma obrigação.

Os memorandos são instrumentos metacognitivos, no qual encontram espaço as reflexões que acompanham, apoiam e guiam a emersão da teoria em todas as suas fases, da coleta de dados até a codificação teórica. Trata-se de anotações nas quais o(a) pesquisador(a) anota as idéias, as

intuições e as conjecturas que o(a) interessam ou lhe chamam a atenção durante a coleta e a análise dos dados. (TAROZZI, 2011, p. 155).

No entender de Charmaz (2009, p. 106), “os memorandos projetam, registram e detalham a principal fase analítica da nossa jornada”. Segundo ela, esse instrumento pode ser usado para registrar informações sobre nossos códigos e dados, sobre nossas categorias teóricas e todo o processo da pesquisa.

Já Tarozzi (2011) elabora uma lista de funções atribuídas/desenvolvidas pelos memorandos. São elas:

- registrar as escolhas metodológicas que são assumidas, passo a passo;
- organização da amostragem teórica;
- subsidiar a decisões sobre a saturação de uma categoria;
- definir a pergunta de pesquisa;
- mapear e conservar os traços que levaram ao produto final da GT.

Esse autor considera esse último tópico fundamental, não somente para subsidiar a escrita do texto final, “mas também para mostrar a credibilidade do próprio trabalho que, na pesquisa qualitativa, mais do que em parâmetros externos, é dada pela possibilidade de dar conta do modo em que certos resultados foram obtidos.” (p. 155-156). Durante o desenvolvimento desta pesquisa, criamos 63 memorandos, considerando diferentes versões do mesmo memorando.

O próximo passo será a codificação teórica. Essa codificação é “o processo analítico de conceituação de dados que acontece em um nível mais abstrato” (TAROZZI, 2011, p. 77). Aqui as dúvidas que pairavam sobre as inúmeras codificações e voltas a campo começam a dar lugar a uma coerente teoria interpretativa. Segundo Tarozzi (2011), “é uma fase extremamente complexa, não linear, feita de intuições, de fugas para frente e de retornos aos dados” (p. 78). Aqui ocorrem quatro passagens fundamentais, definidas por Tarozzi (2011):

- *pontuar categorias*: como as categorias chegam nesse momento ainda em estado bruto, aqui objetiva-se defini-las pontualmente.
- *interligar as categorias*: aqui busca-se estabelecer conexões entre as categorias, definindo categorias e subcategorias, segundo suas

propriedades e dimensões e colocar essas categorias em ordem hierárquica, identificando macrocategorias.

- *identificar a categoria central (core category)*: É um conceito com intensa potência analítica, é saturado, denso, mas poroso e, por ser extremamente ramificado, é capaz de integrar as categorias e, por fim, é completo e tem um grande poder explicativo. “O desenvolvimento da *core category* – em suas propriedades, relações, articulado em suas possíveis variações e declinado analiticamente e cronologicamente – é a teoria que estávamos buscando” (p. 140-141).
- *integrar e delimitar a teoria*: É um processo que exige intenso empenho para estabelecer nexos entre as categorias e os temas que surgiram, tornando tudo isso um (único) modelo que explique todo o processo teórico que os conecta. É uma operação que se movimenta para frente e para trás, que atua hora indutiva ou dedutivamente, hora analisando, hora sintetizando e que, partindo da *core category*, desenvolve toda a trama que dá vida à GT emergente.

Nesse momento, acontece o que chamamos de *saturação*, ou seja, as categorias se encontram tão desenvolvidas teoricamente que não trazem informações novas. A saturação, nesta pesquisa, foi alcançada após a leitura dos 16 textos.

Notamos a exigência da prestação de contas de todo o processo e não somente do produto final.

A partir desse momento, acontece aquilo que foi evitado durante todo o processo do desenvolvimento da GT: o diálogo dos resultados alcançados empiricamente com a literatura científica da área. No próximo capítulo, serão apresentadas as primeiras teorizações e categorizações.

4. PRIMEIRAS RELAÇÕES

Após a codificação inicial dos quatro textos trabalhados para o piloto da pesquisa, passamos então à codificação focalizada³³, que, conforme aludido, tem duas funções básicas apontadas por Tarozzi (2011):

1) identificar macrocategorias, que englobariam os dos códigos criados na fase anterior; 2) interligar as categorias e subcategorias entre si e estas com subcategorias.

Das leituras e codificações emergiram dados que agrupamos nas categorias seguintes:

- Condições causais;
- Reações e objetivos;
- Mecanismos de reação;
- Temas.

Essas são as categorias que compõem a teorização sobre Modelagem Matemática na perspectiva CTS. Elas já são parte da teoria emergente e também permitem avançar em sua articulação, de modo a acenar com algumas possibilidades de conexões entre elas. Além disso, apontam contribuições, no sentido de sustentar a emergência de uma perspectiva em Modelagem na Educação Matemática no enfoque CTS.

4.1. CONDIÇÕES CAUSAIS

Nesse arrolado de códigos, a força central relaciona-se a aspectos explicativos e motivacionais, que justificariam o desenvolvimento de um tipo de educação cuja preocupação é a formação de indivíduos participativos e transformadores da sociedade. Como elemento

³³ O relato ocorre por partes, segundo o andamento do trabalho. No próximo capítulo, falaremos sobre o ocorrido, quando codificados os demais 12 textos que fazem parte do *corpus* de análise desta tese.

agregador, criamos uma categoria que reúne códigos referentes ao que entendemos por “condições causais”. A Figura 5 sintetiza essa ideia.

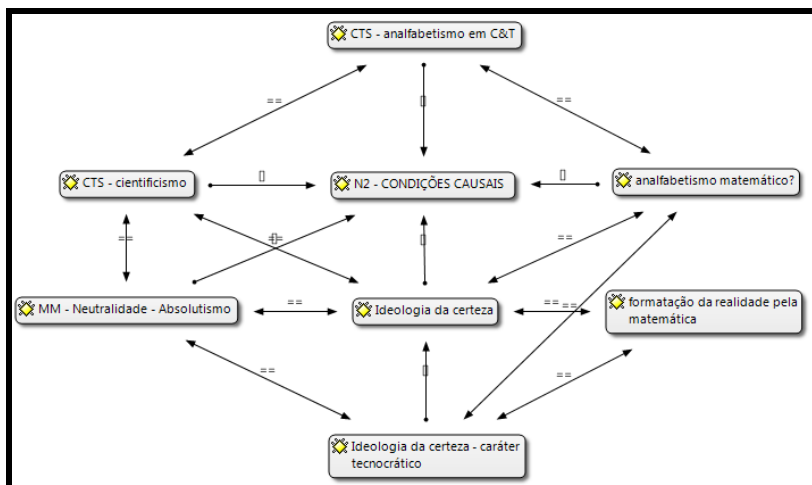


Figura 5 - Condições causais

Alguns códigos como “analfabetismo em C & T”, “Analfabetismo matemático?”³⁴, “cientificismo”, “Ideologia da certeza”, “Ideologia da certeza - caráter tecnocrático”, “Formatação da realidade pela matemática” e “Neutralidade – Absolutismo” foram utilizados para identificar citações que trazem à tona problemáticas ligadas à realidade,

³⁴ É possível perceber as dificuldades enfrentadas pelas pessoas, de maneira geral, quando se trata de compreender determinada situação em que a utilização da matemática se faz necessária. Por exemplo, quando pessoas tomam prejuízos em compras a prazo, ou quando não conseguem diferenciar a melhor opção entre estar devendo ao cartão de crédito ou tomar um empréstimo do banco para quitar essa dívida, ou quem sabe, quando não conseguem escolher entre uma ou outra operadora de telefonia fixa ou móvel etc. Embora não seja possível atribuir tais dificuldades apenas à falta de conhecimentos matemáticos, a Matemática pode se apresentar como um conhecimento importante nessas tomadas de decisões. Muitas vezes falta conhecimento instrumental para, não apenas participar, mas para alterar, transformar a sociedade. Falta conhecimento instrumental para auxiliar na tomada de decisão.

e são utilizadas para justificar posicionamentos voltados a determinadas concepções de educação, tanto matemática quanto científica e tecnológica.

Apresentar tais problemas relacionados à educação matemática, científica e tecnológica das pessoas, de forma geral, prepara terreno para alguma proposição, considerada pelo propositor como uma forma de avanço, de transformação, em relação ao que está posto. Com isso, compreendemos que esse núcleo, ao agregar aspectos explicativos e motivacionais, configura uma categoria que estaria na base dos estudos ora propostos. Essa categoria apresenta aspectos iniciais e motivacionais dessa teoria, e será nomeada conforme a força central da categoria, passando a ser chamada de “condições causais”.

A partir dessas “condições causais”, vislumbra-se traçar uma trajetória, a partir dos dados coletados, segundo a qual os seres humanos, partindo de uma situação atual, alcançariam uma posição de participantes ativos na sociedade, nas tomadas de decisão, e se constituíam sujeitos da sua história, e peças fundamentais para a transformação da sociedade e de si mesmos.

Os dados revelam uma compreensão de que o cenário educacional atual não dá conta de oferecer grandes contribuições para a formação de cidadãos. As próprias iniciativas, apontadas nos textos relacionados ao ensino e aprendizagem de Matemática quanto àqueles que tratam do ensino e aprendizagem de Ciências naturais evidenciam essa compreensão.

Ao observar o contexto em que emergiram os códigos científico, codificado no texto P1, relacionado ao enfoque educacional CTS, e ideologia da certeza, codificado no texto P3, relacionado à Modelagem, identificamos aproximações significativas. Ambos os códigos estão relacionados à ideia de neutralidade da Ciência, além de transparecerem a noção de superioridade das decisões tomadas com base em conhecimentos técnicos e científicos. Há forte relação com o modelo tecnocrático de tomadas de decisões, segundo o qual, em situações em que se busca decidir sobre algum empreendimento científico ou tecnológico, as únicas opiniões de valor seriam as dos especialistas, cientistas ou tecnólogos.

Tanto o científico quanto a ideologia da certeza são aspectos reforçados no dia-a-dia, à medida que os meios de comunicação se utilizam da “certeza” supostamente oferecida tanto pela Matemática quanto pela Ciência e Tecnologia. Tais aspectos também não são

combatidos, normalmente, em âmbito escolar, devido às vigentes concepções de educação baseadas nas tradições em que os conhecimentos relacionados àquelas disciplinas são abordados como um conjunto de verdades inquestionáveis, neutras e, portanto, livres de valores ou interesses humanos. Tais conceitos se ligam diretamente ao absolutismo no que diz respeito a algumas concepções da Matemática.

É possível notar, mesmo que de forma não explícita, a idéia do absolutismo também aparece nas discussões das relações CTS. Concepções absolutistas, que no campo da Matemática estariam ligadas à Ideologia da Certeza, na ciência e tecnologia estariam relacionadas ao cientificismo, ou seja, ligadas à idéia de neutralidade científica e tecnológica, bem como da imutabilidade da ciência.

Pensamos que elencar, nesta pesquisa, essas situações causais apontadas nos textos e objetos de análise, será essencial para criar uma origem enraizada nos dados para a proposta de Modelagem pretendida.

Com os dados já construídos/levantados é possível elencar algumas situações, condições causais, motivadoras para a proposição da Modelagem na perspectiva CTS ora em construção:

- A ideologia da certeza;
- Matemática e as ciências naturais vistas como verdades absolutas;
- Concepção de neutralidade dos conhecimentos da Matemática e do campo da Ciência e Tecnologia;
- Mito do salvacionismo da humanidade pela Ciência e Tecnologia;
- Utilização de conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos com a função ideológica de dominação.

A seguir, faremos algumas considerações acerca das manifestações apresentadas nos textos das necessidades de reação em relação a essas situações causais.

4.2. REAÇÕES E OBJETIVOS

Nesse mesmo contexto, foram codificadas citações dos textos que criticam alguns posicionamentos identificados anteriormente como “condições causais”, tanto em Matemática quanto no campo da Ciência e Tecnologia. Tais críticas e posicionamentos constituíram uma categoria conceituada aqui, provisoriamente, de “reações e objetivos”. A Figura 6 apresenta uma visão geral dos códigos ligados a essa categoria.

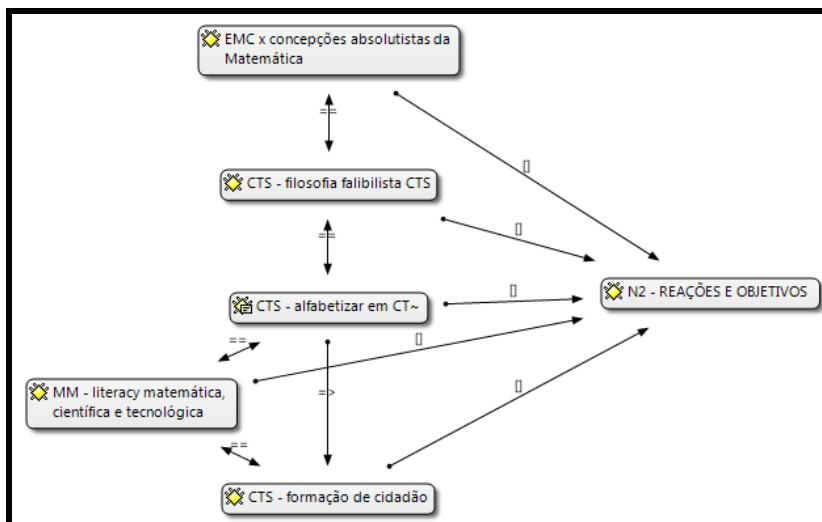


Figura 6 - Reações e Objetivos

Essas posições, que vão sendo definidas, podem ser identificadas em alguns dizeres codificados nos textos, segundo os códigos componentes da figura 6, segundo trechos extraídos e listados a seguir:

- a perspectiva crítica da educação matemática surgiu como uma alternativa a essas concepções absolutistas da matemática (P3, p. 62).
- Reconhecer a matemática como uma construção humana, determinada por condições históricas e geográficas, impregnada de valores e interesses, aponta uma harmonia dessa concepção de modelagem com a etnomatemática (P3, p. 65).
- SOLOMON (1988) propõe que os cursos de CTS deveriam apontar para o caráter provisório e incerto das teorias científicas (P1, p. 06).

- ciência como atividade humana que tenta controlar o ambiente e a nós mesmos, e que é intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais (P1, p. 03) [fazendo referência a concepções presentes em um currículo CTS].
- Não existe a neutralidade científica nem a ciência é eficaz para resolver as grandes questões éticas e sócio-políticas da humanidade (P1, p. 02).
- Alfabetizar, portanto, os cidadãos em ciência e tecnologia é hoje uma necessidade do mundo contemporâneo (P1, p. 02).
- Não se trata de mostrar as maravilhas da ciência, como a mídia já o faz, mas de disponibilizar as representações que permitam ao cidadão agir, tomar decisão e compreender o que está em jogo no discurso dos especialistas (P1, p. 02).
- Com a preocupação centrada na formação do estudante cidadão, D'Ambrosio (2001) propõe a organização de estratégias de ensino baseadas na integração entre a literacia (em seu sentido estrito), a literacia matemática e a literacia tecnológica, essas últimas re-denominadas pelo autor como materacia e tecnocracia, respectivamente (P4, 12).

No campo da Matemática, surge a o conceito de Educação Matemática Crítica, que teria como um dos seus objetivos o combate à “ideologia da certeza”, bem como o combate das concepções absolutistas no campo da Matemática. No campo das relações da ciência e tecnologia surge o conceito de “alfabetização científica e tecnológica” como mecanismo de combate ao cientificismo³⁵. Nessa busca por superar o cientificismo, Ciência e Tecnologia passam a ser

³⁵ O cientificismo, segundo Chassot (1994), pode ser entendido segundo dois “axiomas” relacionados à superioridade teórica e prática da Ciência para qualquer situação. No campo teórico, o conhecimento científico seria superior a todos os demais. No campo prático, o conhecimento científico seria o mais adequado para resolver problemas situados desde o campo técnico até o ético.

compreendidas como práticas situadas histórica e socialmente. Surge, com isso, o acrônimo CTS, em que Ciência e Tecnologia passam a ser vistas como integrantes da sociedade, frutos dessa e com essa sociedade. O meio social passa a ser concebido como campo em que os produtos da atividade científica e tecnológica são desenvolvidos, testados, aplicados e consolidados. Essa vertente de educação científica e tecnológica pode ser considerada como a busca de uma *concepção transformadora de ciência e tecnologia*, cujos pressupostos provocam uma aproximação entre essa vertente e a concepção falibilista³⁶ da Matemática.

Tanto em se tratando da Educação Matemática Crítica quanto da Educação CTS, são levantados objetivos ligados à promoção da cidadania. Fala-se, nesse sentido, em *literacy* matemática, científica e tecnológica.

Essas indicações de possibilidades e necessidades que podem ser identificadas na categoria “assumindo posicionamentos”, dão indícios de que, em seguida, serão arquitetadas e descritas propostas para combater aquelas “condições causais” apontadas anteriormente.

4.3. MECANISMOS DE REAÇÃO

Identificadas algumas situações, chamadas anteriormente de “condições causais”, esperavam-se propostas em relação aos processos do ensino e da aprendizagem da Matemática e da Ciência e Tecnologia, no sentido de superar tais situações ou reagir contra elas. Em ambos os campos, essas sugestões foram feitas. No primeiro, propôs-se a utilização da Modelagem Crítica³⁷. No segundo campo, a proposta foi de se educar científica e tecnologicamente, levando em consideração as relações entre Ciência e Tecnologia e Sociedade, na chamada educação com enfoque CTS. A seguir, falaremos sobre cada um desses campos e

³⁶ Para Cury (1994) a visão falibilista da Matemática encara o conhecimento matemático como em contínua construção, corrigido a partir das críticas e correções, estando, portanto, em constante mudança.

³⁷ Apenas para facilitar essa explanação, utilizaremos a expressão Modelagem Crítica para nos referir à Modelagem segundo a EMC e a perspectiva sociocrítica da Modelagem.

buscaremos localizar os pontos em que eles se articulam e se entrelaçam.

Estratégia de reação no campo da Educação Matemática: a Modelagem Crítica

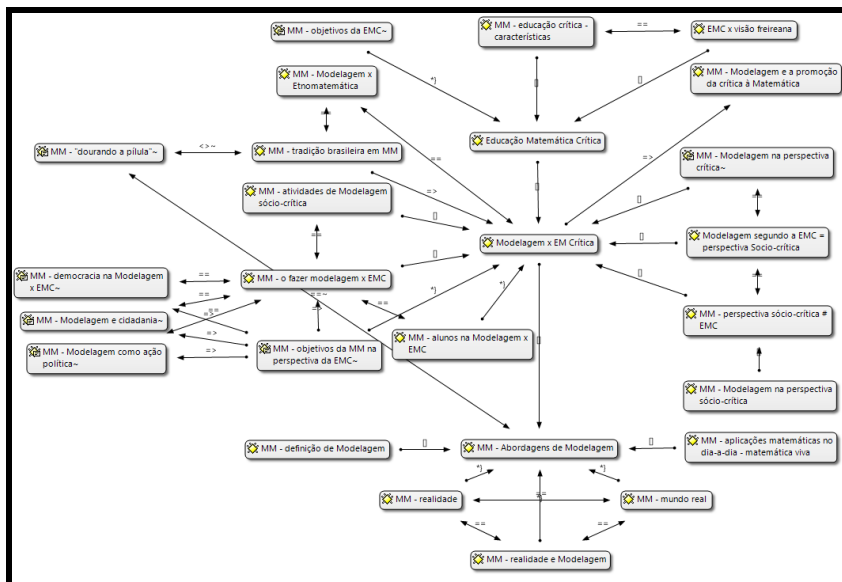


Figura 7 - Estratégias de reação no campo da Educação Matemática

Segundo pode ser observado no diagrama anterior, a existência do código “abordagens de modelagem” oferece indícios de que não existe apenas uma forma de se fazer Modelagem. A Modelagem seria desenvolvida sob diversas perspectivas e, segundo algumas citações, muitas delas seriam apenas mecanismos para “dourar a pílula”, ou seja, não teriam como motivação principal à formação política e engajamento dos alunos na sociedade. Sua motivação seria, acima de qualquer outra,

ensinar somente Matemática³⁸, e a utilização da Modelagem seria uma forma de “dar significado ao processo” ou de motivar os alunos.

Na literatura sobre o assunto, encontram-se relatos de trabalhos com Modelagem, conforme voltaremos a discutir nas páginas seguintes, cujo principal objetivo era o ensino e aprendizagem de uma matemática pronta, acabada, neutra e descoberta por iluminados. O não-questionamento do próprio conhecimento matemático e seu real potencial, bem como de suas limitações, acaba por fazer um ensino para a Matemática. A perspectiva de se educar matematicamente proposta nessa tese, concordando com Klüber (2012), defende uma educação com Matemática.

São bastante significativas as possibilidades que a Modelagem, na perspectiva da EMC, traz para o campo da Educação Matemática. Os textos mostram que essa perspectiva de trabalho vai de encontro às concepções absolutistas da Matemática, combatendo-as, ao mesmo tempo em que promove uma concepção falibilista desse conhecimento. Outros alvos dessa perspectiva de Modelagem são a ideologia da certeza e o poder formatador da Matemática. Desvelar as formas em que a Matemática se faz presente na sociedade, “seja em benfeitorias ou em problemas sociais, e reagir contra as situações críticas que a matemática também ajudou a construir” (P3, p. 64), é outro objetivo assumido por aqueles que desenvolvem a Modelagem na perspectiva da EMC.

Segundo o texto P3, a perspectiva sociocrítica da Modelagem tem grande impacto na comunidade de pesquisadores brasileiros. No texto fica claro que essa característica não é comum em outros países. Dessa forma, fala-se que essa seria uma tradição brasileira na Modelagem. O mesmo texto afirma que alguns autores defendem uma proximidade entre a tradição brasileira na Modelagem e o trabalho com projetos e ainda com a etnomatemática.

É provável que, por levar muitas das características relacionadas à Modelagem ancorada na EMC, a perspectiva de Modelagem em desenvolvimento nesse trabalho também se identifique com essa “forma de se fazer Modelagem” no Brasil.

Os textos indicaram que o fazer Modelagem nessas perspectivas objetiva, conforme pode ser observado na figura 7, valorizar a

³⁸ No desenvolvimento desta pesquisa, pretendemos nos posicionar sobre esse assunto mas, desde já, afirmamos que entendemos a Matemática como um tipo de conhecimento fundamental sem o qual é impossível que alguém alcance o *status* de cidadão pleno.

democracia na micro-sociedade da sala de aula. Além disso, contribui com o desenvolvimento da cidadania nos envolvidos, desenvolve a dimensão que envolve o compromisso político e social do estudante, desenvolve, em conjunto com o grupo, a noção de justiça social, responsabilidade, ética, dentre outros. Em se considerando nossas indicações para "propor soluções" aos problemas relacionados à democracia em sala de aula existentes nas propostas anteriores, tais objetivos se mostram alinhados à teoria emergente nesta pesquisa.

***Estratégia de reação no campo da Educação Científica e Tecnológica:
a Educação com enfoque nas relações CTS***

Nesse campo, embora haja diversas formas para se desenvolver o enfoque educacional nas relações CTS, foi possível notar algumas críticas a algumas dessas formas. Assim como propusemos no campo da Modelagem, o texto P1 afirma que muitas das formas de se fazer CTS podem ser entendidas como mecanismos para "dourar a pílula". Há situações em que ocorre a "negação" de "status" de proposta CTS a algumas dessas perspectivas, conforme afirmação codificada no texto P1, segundo a qual: "a revisão da literatura internacional nos ajuda a ver que adotar propostas CTS é muito diferente de simplesmente maquiagem currículos com ilustrações do cotidiano" (p. 17).

A seguir, apresenta-se uma figura retratando algumas das relações identificadas entre os códigos que se aproximam do núcleo "Movimento CTS".

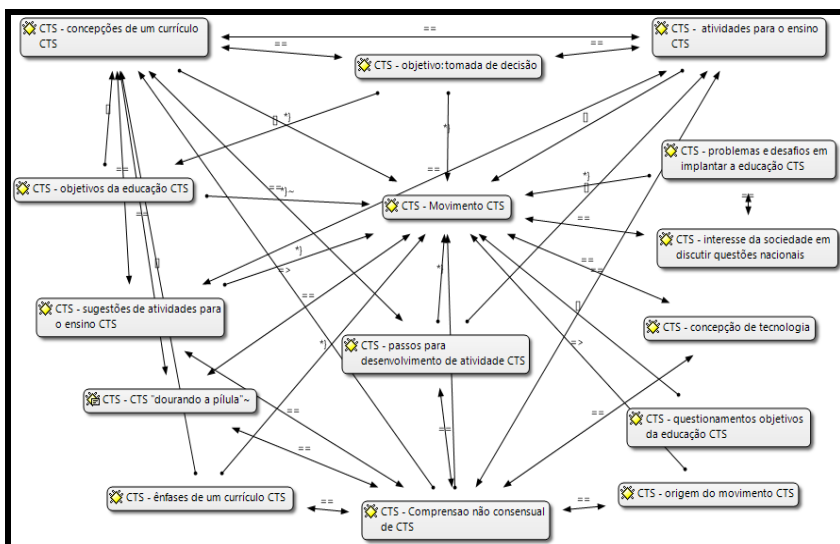


Figura 8 - Estratégias de Reação no campo da Educação Científica e Tecnológica

O Movimento CTS, conforme afirmamos na introdução desse texto baseado em Cerezo (2004), atua em três grandes direções, sendo uma delas o campo da educação.

Embora as principais referências ao enfoque educacional CTS sejam feitas no âmbito da educação científica e tecnológica (devido ao potencial do campo CTS para o levantamento de questões problemáticas relevantes com influência direta ou indireta no cotidiano das pessoas), nossa intenção é estender sua amplitude até o âmbito da educação matemática.

Os textos P1 e P2 apontam alguns objetivos da educação CTS, elencados s a seguir:

- Aquisição de conhecimentos e utilização de habilidades: a autoestima, a comunicação escrita e oral, o pensamento lógico e racional para solucionar problemas, a tomada de decisão, o aprendizado colaborativo/cooperativo, a responsabilidade social, o exercício da cidadania, a flexibilidade cognitiva e o interesse em atuar em questões sociais;
- Desenvolvimento de valores: vinculados aos interesses coletivos, como os de solidariedade, de fraternidade, de

consciência do compromisso social, de reciprocidade, de respeito ao próximo e de generosidade. Tais valores relacionam-se às necessidades humanas, o que implica a necessidade de questionamentos à ordem capitalista, na qual os valores econômicos se impõem aos demais;

- Formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados, capazes de tomar decisões informadas e desenvolver ações responsáveis;
- Alcançar pensamento crítico e independência intelectual;
- Promover o interesse dos estudantes em relacionar a Ciência às aplicações tecnológicas e aos fenômenos da vida cotidiana;
- Abordar o estudo daqueles fatos e aplicações científicas que tenham uma maior relevância social;
- Abordar as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da Ciência e da tecnologia;
- Adquirir uma compreensão da natureza da Ciência e do trabalho científico.

Ao levar em consideração os objetivos de perspectivas da Modelagem relacionadas à EMC e os objetivos da educação CTS, é possível notar algumas aproximações e convergências.

Partindo desse arrolado de objetivos, já é possível vislumbrar alguns que seriam adequados, não apenas para influenciar o desenvolvimento da educação científica e tecnológica ou da educação matemática, mas poderiam constar de uma listagem de objetivos que justificariam a existência da escola.

Assim, averiguando o conjunto de objetivos apresentados anteriormente, passamos a propor alguns pontos que comporiam o quadro daquilo que buscamos alcançar ao propormos o desenvolvimento de atividades de Modelagem com enfoque CTS:

- Desenvolver conhecimentos e ações com vistas à tomada de decisão em assuntos relativos às interações CTS, ao aprendizado colaborativo/cooperativo, ao desenvolvimento do pensamento crítico e da independência intelectual, à responsabilidade social, ao exercício da cidadania, ao desenvolvimento político e social, à flexibilidade cognitiva, à justiça social e, por consequência, ao interesse em atuar em questões sociais.
- Formar os indivíduos não apenas capazes de viver em uma sociedade democrática, mas aptos a atuar na construção e

ampliação dessa democracia, capazes de se questionarem pelo tipo de democracia que desejam;

- Desenvolver valores com vistas à defesa dos interesses coletivos, como os de solidariedade, a vida de grupo, de consciência do compromisso social, de reciprocidade, de respeito ao próximo e de generosidade. Uma consequência desse objetivo seria o questionamento à ordem capitalista, na qual os valores econômicos se impõem aos demais; nesse movimento, a vivência e exigência dos direitos humanos se fortalecem.
- Compreender e se posicionar ante as implicações sociais, políticas e éticas relacionadas ao uso da ciência e da tecnologia;
- Desenvolver/construir conhecimentos matemáticos e sobre a matemática, percebendo como esses conhecimentos são usados para formatar a realidade, como são importantes subsidiários do desenvolvimento científico e tecnológico e como estão integrados no nosso cotidiano. Isso demandaria outros modos de valorização e utilização da Matemática.

Mas afinal, como promover a emergência de uma perspectiva de Modelagem com enfoque CTS? Existiria um elo entre a Modelagem e o campo CTS? O que seria esse elo?

Os textos lidos forneceram indicações de que é possível a emergência dessa “nova” perspectiva, de que o elo entre os campos da Modelagem e CTS existe e se traduz em temas.

4.4. UM EIXO DE ARTICULAÇÃO: O TEMA

Num esforço intelectual de se despir de qualquer pré-concepção e trabalhando focado com os dados coletados, desde o primeiro momento em que nos propusemos a desenvolver essa pesquisa, temos pensado no modo como articular a Modelagem com as relações CTS.

Esses pensamentos sempre conduziram a uma mesma conclusão: a convergência principal pode ser alcançada nos temas, mesmo porque as relações CTS se dão na realidade, a todo momento, e se configuram em um campo repleto de situações problemáticas a serem discutidas, estudadas e solucionadas. Dessa forma, considerando a intensa potência analítica, a densidade, a porosidade e as ramificações, bem assim a

capacidade para integrar as demais categorias, a categoria "tema" se apresentou como a *core category* na nossa pesquisa.

Ora, mesmo considerando as suas mais diversas acepções e compreensões, estudar e compreender matematicamente situações problemáticas provenientes da realidade configura-se a principal tarefa da Modelagem.

Essas suspeitas começaram a se comprovar, à proporção que começamos a fazer as leituras dos textos, objetos de análise nesse trabalho. O processo de Modelagem nasce da escolha de temas para estudo. As relações CTS têm fornecido temas de estudo para a Educação Científica e Tecnológica com enfoque CTS. Portanto, pensa-se imediatamente que também podem ser tomadas como amplo campo de problemáticas a serem discutidas e compreendidas matematicamente por meio da Modelagem.

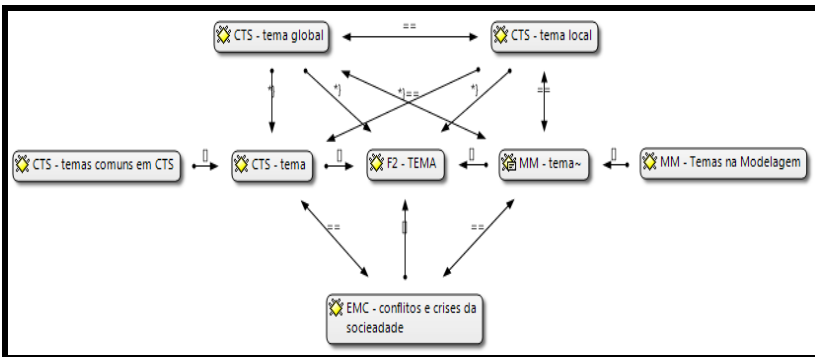


Figura 9 - O tema como eixo de convergência entre a Modelagem e as relações CTS

Segundo informações do texto P1, ao comentar sobre os temas, afirma que alguns deles são recorrentes no que chama de “cursos CTS”. Os mais abordados, segundo o texto citado anteriormente, são: saúde humana e doença; fome mundial, alimentação e agricultura; recursos energéticos, escassez de energia; terra e uso do solo; recursos hídricos e minerais; ambiente; guerra tecnológica, indústria e tecnologia, transferência de informação e tecnologia; ética e responsabilidade

social; qualidade do ar e atmosfera; crescimento populacional; substâncias perigosas; reatores nucleares; animais e plantas em extinção.

Ao observar esses temas, pensando nas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, é possível perceber que oferecem campo para discussões de alto teor crítico. É preciso, porém, compreender que o tema, por si só, não garante tal criticidade. O olhar para o tema é que vai possibilitar ou não o grau de aprofundamento dado às questões problemáticas emergentes. Se o olhar para o tema é o fator determinante, também é preciso, compreender que qualquer campo educacional dedicado a estudar a realidade, necessariamente trabalhará com um recorte dessa realidade. Não é possível, nem para profissionais que trabalham, por exemplo, na modelagem matemática profissional³⁹, captar a realidade em sua totalidade. Ao fazer o recorte para o estudo, também se determina o grau de aprofundamento crítico que se pretende alcançar com tal recorte.

Para exemplificar essa situação, apresentaremos uma situação que se passa no âmbito da Modelagem, mas acessa um tema do campo CTS. A água é um tema interessante, inclusive, além de citado como um dos temas mais abordados em cursos CTS, é bastante presente nas discussões propostas em atividades de Modelagem (SILVEIRA, 2007). Um estudo cujo objetivo, por exemplo, é compreender matematicamente o comportamento de um esguicho de água que sai por um furo em um cano transparente, em função da altura de uma coluna de água no interior do cano, poderá gerar bons resultados no âmbito do ensino e aprendizagem de Matemática, mas seus resultados, provavelmente, não alcançarão sucesso referente ao embate social sobre a problemática que envolve o tema água.

O estudo exemplificado acima é bem diferente de outro que tem o objetivo de gerar compreensão sobre aproximadamente quantos metros cúbicos de água estão sendo poluídos por dia por uma fábrica que derrama rejeitos químicos em um lago na vizinhança da escola (quais as consequências disso para a população que vive às margens do lago?), ou de outro, que busca gerar compreensão de quantos milhões de metros cúbicos de água foram contaminados por um derramamento de petróleo ocorrido na baía de Paranaguá (e qual será o impacto disso na vida das

³⁹ Para Bassanezi (2004) essa é a atividade desenvolvida por matemáticos aplicados em conjunto com pesquisadores de outras áreas e tem como objetivo a construção, análise e validação de modelos matemáticos úteis e eficientes para a solução de problemas da realidade.

comunidades locais de pescadores ou na vida marinha local?). Ou, finalmente, o que acontece quando chove após os agricultores da região agrícola de Santa Catarina pulverizarem suas plantações com os agrotóxicos produzidos pela *Bayer*⁴⁰, e o que isso acarreta para os ecossistemas dos rios locais, para população ribeirinha e o que a própria *Bayer* tem feito em relação a isso.

Essa comparação de diferentes abordagens de um mesmo tema geral nos leva a uma consideração importante. Propor trabalhar apenas com questões problemáticas em CTS não só parece uma forma de restrição da Modelagem, como, assim como acontece com as perspectivas críticas da Modelagem, de fato é.

Uma restrição, seja qual for a situação, nasce de uma escolha. Não se trata de escolher entre o que é bom ou ruim, mas sim, de escolher entre aquilo que é ou não adequado aos nossos objetivos como educadores. A restrição aqui imposta pela perspectiva de Modelagem proposta por esta pesquisa provém de uma escolha relacionada às nossas concepções educacionais. Dessa forma, restringe-se, sim, a Modelagem a apenas um campo de problemáticas, mas um campo, que concentra uma considerável parte dos problemas significativos que podem definir a continuidade ou não da existência da espécie humana no Planeta.

De certa forma, não nos preocuparmos com questões problemáticas em CTS pode significar a aceitação de que a nós, professores de Matemática, compete a tarefa de ensinar Matemática, e somente Matemática, reforçando, com isso, a idéia de neutralidade desse conhecimento que, na verdade, está na base da constituição e desenvolvimento de diversos campos científicos e tecnológicos, conforme visto na introdução deste trabalho.

A instauração do enfoque educacional CTS no âmbito da educação científica e tecnológica é defendida no texto P1 a partir de uma modificação curricular profunda. O texto deixa claro que um currículo CTS diferencia-se significativamente de um currículo convencional. O texto afirma que “não adianta apenas inserir temas

⁴⁰ A empresa alemã Bayer é usada a título de exemplo, pois poderiam ser utilizadas outras com igual o pior poder destrutivo, dentre elas: Syngenta (Suíça), Basf (Alemanha), Monsanto (EUA), Dow Chemical (EUA), Milenia/Makteshim Agan (Israel), DuPont (EUA), FMC (EUA), Nortox (Brasil) e Arysta (Japão), que juntas, abrangem praticamente todo o mercado nacional de agrotóxicos.

sociais no currículo, sem qualquer mudança significativa na prática e nas concepções pedagógicas” (p. 18).

As afirmações contidas nesse excerto colocam-nos frente a uma problemática sobre a perspectiva de Modelagem que buscamos elaborar com essa pesquisa. Como essa perspectiva emergente de Modelagem se comporta diante da afirmação anterior?

Para conseguir dar conta desse problema, vamos propor duas situações que conceituamos de *Situação Realística* e *Situação Desejada*. A seguir, vamos diferenciá-las e fazer considerações acerca do comportamento da Modelagem com enfoque CTS em cada uma dessas situações. Consideramos essa fragmentação como uma forma didática de compreensão, pois na realidade vivemos a ambivalência entre a realística e a desejada. Assim, acreditamos que por vezes na situação realística pode haver elementos da situação desejada e vice-versa.

A *situação realística* é aquela na qual estamos inseridos, e nela também há os vestígios de tudo que é desejado. Ela engloba a realidade curricular, sendo a natureza rígida da escola e do sistema que impõem ao professor a necessidade de cumprir um currículo pré-determinado. No âmbito da situação realística, os professores se encontram um tanto estagnados diante das possibilidades apontadas pelas pesquisas no campo da Educação Matemática, e os modelos tradicionais de ensino da aprendizagem de Matemática são os mais utilizados.

Nessa situação, a inserção de atividades de Modelagem nas práticas escolares é algo relativamente raro. Em estudo anterior, por nós⁴¹ realizado, arrolamos uma lista de obstáculos e resistências, que professores inseridos na situação realística costumam alegar como motivo para não desenvolverem atividades de Modelagem em suas classes.

Desenvolver atividades utilizando alguma perspectiva de Modelagem, seja ela qual for, nas salas de aula da Educação Básica, já é, conforme dito anteriormente, um desafio para o professor de Matemática atuante na situação realística. Desenvolver atividades de Modelagem visando à formação política e atuante, provavelmente será uma tarefa ainda mais difícil e rara.

Porém, mesmo diante de todas as dificuldades elencadas, é preciso continuar a elaborar “versões beta” de propostas que objetivam auxiliar na busca pela concretização de um dos objetivos principais da

⁴¹ Silveira e Caldeira (2012).

educação: formar indivíduos autônomos, politicamente engajados, transformadores de si mesmos e, conseqüentemente, da sociedade.

Destacamos alguns encaminhamentos para o desenvolvimento da Modelagem com enfoque em CTS no âmbito da situação realística.

Um tema CTS relacionado à realidade local⁴² é escolhido⁴³ e dele enumeradas questões problemáticas para a comunidade, cidade ou estado. Tais questões serão compreendidas por meio da utilização de conteúdos matemáticos (aqueles constantes da “lista de conteúdos mínimos”). À medida que novos conteúdos forem sendo necessários para dar conta de compreender e propor modelos subsidiadores de reações a uma problemática, o professor vai apresentando esses conteúdos aos alunos.

O objetivo final é gerar, por meio da compreensão matemática da questão problemática estudada, que pode estar relacionada à construção ou não de modelos matemáticos, algum tipo de reação ao problema que afeta à comunidade. Tal reação pode se dar por meio de produção de cartazes, produção de cartas para autoridades competentes, denúncias e protestos em sites de relacionamento, blogs dentre outras possibilidades.

Assim, embora esse tipo de atividade não seja o ideal, muitas vezes é o único que se mostra possível. Essa, portanto, seria uma forma de planejar a Modelagem com enfoque CTS considerando a situação realística.

A *situação desejada* pode ser considerada uma utopia⁴⁴, pois se insere em outra realidade, uma realidade ainda inexistente, uma realidade desejada. Na situação desejada, a educação é pensada em uma

⁴² O texto P1 sugere que os temas possam dar a possibilidade de articular situações locais com situações regionais, nacionais e globais. Essa articulação nos parece ser a mais adequada também no âmbito da Modelagem.

⁴³ Mais adiante, vamos falar sobre essa escolha de temas e os problemas que essa escolha impõe em relação à Teoria da Educação Crítica e às perspectivas de Modelagem embasadas na EMC.

⁴⁴ O sentido da utilização dessa palavra aqui está relacionado ao conceito de Karl Mannheim comentado por Lowy (1985), segundo o qual “utopias são aquelas ideias, representações e teorias que aspiram uma outra realidade, uma realidade ainda inexistente. Têm, portanto, uma dimensão crítica ou de negação da ordem social existente e se orientam para sua ruptura. Deste modo, as utopias têm uma função subversiva, uma função crítica e, em alguns casos, uma função revolucionária” (p. 13).

dimensão crítica, de negação, resistências à ordem social existente, e sua ação estaria voltada à ruptura dessa ordem social.

Com isso, seria possível a implantação de um currículo CTS para o ensino e aprendizagem de Matemática. Nessa perspectiva, seria plausível cogitar uma renovação curricular, eliminando e/ou questionando conteúdos e a própria organização do currículo, que muitas vezes, não contribui para compreensão das realidades atuais. Também seria possível organizar um currículo que evidenciasse conhecimentos matemáticos necessários para subsidiar a compreensão das mais diversas questões problemáticas provenientes de temas no campo CTS, bem como para elaborar estratégias de reação em relação a essas situações.

Essa forma de articulação da disciplina de Matemática permitiria aos alunos perceberem seu poder de influência como indivíduos politicamente engajados, “bem como as questões éticas e os valores humanos relacionados à ciência e à tecnologia (P1, p. 09).

O texto P1 afirma que, em perspectivas de trabalho cujo currículo adotado é relacionado ao enfoque CTS, os alunos são levados a perceber o potencial de atuar em grupos sociais organizados, como centros comunitários, escolas, sindicatos, etc. Eles podem também compreender o seu poder de consumidores em influenciar o mercado, selecionando o que consumir. O mesmo texto ainda afirma que “além disso, as discussões das questões sociais englobariam os aspectos políticos, os interesses econômicos, os efeitos da mídia no consumo etc.” (p. 09). Questões dessa natureza propiciariam ao aluno uma compreensão melhor dos mecanismos de poder existentes e ativos em diversas instâncias sociais.

Na situação desejada, a Modelagem pode ser considerada uma nova concepção de educação matemática. Isso significa que todo o curso de Matemática na Educação Básica é desenvolvido em torno de temas, cujas características, por sua vez, foram apontadas no texto P1, ou seja, temas locais com articulações globais, demandando currículos diferenciados de escola para escola e até mesmo na mesma escola, em diferentes épocas. No ensino superior, nos cursos de licenciatura em Matemática, ou em outras licenciaturas, as disciplinas são idealizadas dessa mesma forma, para que os futuros professores estejam imersos em um ambiente de formação semelhante àquele em que vão atuar como professores ao saírem da universidade.

É razoável pensar que, se professores na Educação Básica oferecem resistência ao desenvolvimento de atividades de Modelagem nas suas aulas, no Ensino Superior não será diferente. Muitos dos professores atuantes em cursos de Licenciatura (conforme cada licenciado em Matemática é capaz de se lembrar) possuem diferentes concepções acerca da natureza e importância da Matemática. Isso pode acarretar a promoção de um ensino *para* a Matemática em detrimento de uma educação e formação *com* a Matemática (KLUBER, 2012).

É preciso, portanto, rever o posicionamento dos professores formadores que atuam dessa forma. Tais professores, em conjunto com professores atuantes na educação básica, poderiam observar, criticar e elaborar novas propostas, passando a balizar a formação de um professor com um perfil mais adequado aos tempos atuais, um professor "com compromisso político" (KINCHELOE, 1997). Dessa forma, os professores formadores teriam a possibilidade de escolher entre a adequação ao novo pensamento, ou a mudança para outras áreas além das licenciaturas. A necessidade de rever a forma de trabalho dos professores que formam professores de Matemática, independentemente da ideia principal deste texto, já é evidente desde que as licenciaturas foram criadas⁴⁵.

⁴⁵ Conforme Zimmermann e Bertani (2003), os problemas na formação de professores de Matemática são históricos. Citando Carvalho (2001), as autoras afirmam que "No caso da formação de professores nos cursos de licenciatura, em seus moldes tradicionais, a ênfase se dá aos conteúdos específicos da área nas disciplinas básicas sem quase nenhum relacionamento com a escola". Por sua vez, Garnica (1997) apresenta, baseado em Souza et al. (1991, 1993) o perfil do professor de Matemática que se deseja formar, o qual tomamos a liberdade de citar na íntegra aqui. "O que se procura formar é um professor de Matemática independente, competente e comprometido: independência vista como a possibilidade de opção de temas e metodologias; a competência tida como condição que lhe permite liberdade, pois "quanto maior for o domínio do conteúdo que o licenciando adquirir por um único método, maior será sua dificuldade em tentar outros"; e compromisso entendido como inconformismo com o quadro geral de fracasso que se nos afigura. A dicotomia bacharelado/licenciatura é tratada em termos dos valores que as norteiam: o bacharelado seria um curso de "formação inicial", devendo ser complementado com a prática científica em Matemática em programas de pós-graduação, único percurso que o fará reconhecido como um outro elemento de um determinado grupo de especialistas, sendo a competição individual seu valor fundamental, para o que parece ser mais conveniente a metodologia clássica tradicionalmente

A situação desejada, em que a Modelagem com enfoque CTS determina um novo currículo, uma nova forma, uma nova concepção de educação matemática, exige, conforme também apresentado no texto P1: 1) a formação dos professores de Matemática já atuantes, ou mesmo daqueles que irão atuar, caso não tenham recebido esse tipo de formação durante a graduação, e 2) o acompanhamento do processo de implantação por profissionais da Educação Matemática, mais especificamente da Modelagem, ou até mesmo de professores mais experientes, que já estejam envolvidos com esse tipo de trabalho há algum tempo. Esse acompanhamento poderia ocorrer durante um período em núcleos de formação na região, em um local de fácil acesso para professores daquela região. Além disso, poderiam ser feitas visitas às escolas com certa regularidade. Tal acompanhamento se mostra importante pois, segundo estudo por nós realizado anteriormente⁴⁶, a insegurança diante do novo e a falta de acompanhamento de um profissional mais experiente foram dois dos motivos mais citados pelos professores ao justificarem a não utilização da Modelagem em suas classes.

Embora tenham sido propostas apenas duas situações gerais - a realística e a desejada -, é pertinente pensar na possibilidade da existência de muitas variações, envolvendo mais ou menos atividades de Modelagem no enfoque CTS, especialmente dentro da situação realística.

Se há temas em evidência, surge também o problema da escolha de temas para o trabalho com Modelagem. No âmbito da Modelagem Crítica, embora se apresentem algumas possibilidades de solução, a

vigente. A licenciatura é vista como um curso de “formação terminal” já que seus alunos, depois dos anos de graduação, devem estar de certo modo “prontos” a dirigir classes, sendo a colaboração seu valor essencial, para o que se indica a aplicação de metodologias alternativas, que partam de situações vivenciais em atividades escolares. O aluno deve ter a possibilidade de opção, partindo de uma base comum e tendo sido, aí, sujeito de várias metodologias: “Não se trata de oferecer ao licenciando uma disciplina de conteúdo pedagógico com metodologia específica da Licenciatura para que ele a compare com outra de conteúdo matemático, com metodologia do Bacharelado. Trata-se de oferecer-lhe a oportunidade de comparar metodologias distintas em disciplinas de mesmo objetivo, principalmente as de conteúdo matemático.” (p. 236).

⁴⁶ Silveira e Caldeira (2012).

escolha do tema ainda pode gerar alguns problemas em relação à idéia de democracia. Eles serão chamados nesse trabalho de “*os problemas em relação à democracia*”.

O primeiro problema identificado reside na forma em que a Modelagem chega às salas de aula (quando chega). Como acontece o processo em que os alunos decidem trabalhar com Modelagem? Para entender melhor essa questão, observemos uma situação hipotética: o professor chega à sala de aula determinado a iniciar um trabalho com Modelagem numa turma de alunos de nono ano; ele faz uma longa exposição, apresentando a idéia e falando da importância desse tipo de trabalho para a formação de cada um. Em seguida, o professor propõe que os alunos escolham um tema, (uma das possibilidades da Modelagem) segundo o desejo deles, que será problematizado, por meio da Matemática. Nesse momento, um aluno se levanta e diz: - professor, não sei o resto da turma, mas eu não quero trabalhar com isso. Em seguida, 28 dos 35 alunos da turma repetem a mesma frase. Eles não querem trabalhar com Modelagem. O que o professor faz? Desiste do trabalho porque foi derrotado em um pleito democrático, ou impõe o seu desejo de fazer a atividade aos alunos porque ele julga importante?

Se o professor decidir aceitar a vontade dos alunos, não desenvolverá a atividade de Modelagem, mas se decidir desenvolver o trabalho, mesmo com a reprovação da maioria da classe, estará atuando em contradição a um dos princípios que regem a Modelagem Crítica, qual seria, “ausência de estruturas de poder” (P4, p. 02) em salas de aula. Para impor sua vontade, o professor precisaria se posicionar como alguém que detém um tipo de poder diferente daquele que os alunos possuem. Aqui há um problema a resolver.

Apresentaremos agora a segunda situação, em que os “problemas em relação à noção de democracia” se manifestam. O texto P3, ao comentar sobre a Educação Matemática Crítica, apresenta o seguinte argumento: “Para Skovsmose (1994), uma educação (matemática) crítica é aquela que reconhece e direciona suas ações para os conflitos e crises da sociedade, reagindo contra eles” (p. 62). O texto P4 oferece um complemento afirmando que: “como Skovsmose (2001) e Freire (1978; 1982), acreditamos que, para ser crítica, a educação deve reagir às contradições sociais” (p. 11).

Uma perspectiva de Modelagem baseada na Educação Crítica e/ou na Educação Matemática Crítica provavelmente engloba os pressupostos dessas teorias. Então, pensando no que os textos

apresentaram e, para que uma abordagem de Modelagem seja crítica, suas atividades devem objetivar o alavancamento de reações às contradições sociais.

Aqui, reside o principal problema relacionado à eleição de temas: um problema paradoxal. Vamos descrever uma situação hipotética que fará surgir o que vamos chamar de “*o paradoxo da Modelagem Crítica*”.

Um professor pretende desenvolver uma atividade de Modelagem Crítica com alunos do Ensino Médio. Seguindo os princípios da Modelagem Crítica e suas raízes ligadas à democracia, juntos eles pretendem propor um tema para o estudo⁴⁷. Motivado pela enorme quantidade de buracos nas ruas do bairro periférico em que a escola está localizada, o professor propõe trabalhar com o tema “conservação das ruas”, já que aquele é um ano de eleições para prefeito. Paralelamente, está acontecendo o *Rock'n Rio*⁴⁸ e, por estarem envolvidos com esse evento através dos meios de comunicação, praticamente todos os alunos querem estudar coisas relacionadas ao evento. Dentre eles, há uma corrente mais forte que gostaria de entender melhor sobre os instrumentos musicais. O professor pensa um pouco a respeito da situação e se vê em dificuldade. Como resolver esse problema?

Se aceita trabalhar com os alunos o tema “instrumentos musicais”, já sabe que terá que promover um verdadeiro “forçar a barra” para, talvez, conseguir discutir algo relacionado às contradições sociais. Por outro lado, ao se recusar a trabalhar com a proposta dos alunos (aceita em comum acordo pela turma), seria negar alguns dos pressupostos da democracia⁴⁹. Em outras palavras, o professor se

⁴⁷ Se o professor chegar à sala de aula e impuser um tema para o trabalho com a Modelagem ou mesmo se chegar e propuser um tema e não levar em consideração uma recusa dos alunos a esse tema, bem como considerar trabalhar com um tema contraproposto pela turma, automaticamente esse professor não estará trabalhando na perspectiva sociocrítica da Modelagem, pois estaria, com tal atitude, desrespeitando o critério da democracia, que está na base da EMC.

⁴⁸ Festival de música idealizado por Roberto Medina que aconteceu pela primeira vez em 1985 na cidade do Rio de Janeiro. O evento já teve 10 edições e se tornou, ao longo da sua existência, itinerante, sendo realizado em diferentes países: Brasil, Portugal e Espanha.

⁴⁹ Apenas para exemplificar, segundos os textos lidos: “diálogo” e “ausência de estruturas de poder”, “levar em conta as preocupações e interesses dessas pessoas, ouvi-las”.

encontra diante de um paradoxo que torna impossível o trabalho em uma das perspectivas da Modelagem Crítica.

Assim, o “paradoxo da Modelagem Crítica” poderia ser descrito da seguinte forma: *a abertura para uma eleição democrática de temas para estudo seria uma aula de democracia, porém a criticidade não estaria garantida. Por outro lado, a indução do professor à escolha de um tema socialmente relevante poderia resultar em um avanço em direção a um entendimento crítico da situação, mas não garantiria os princípios democráticos em sala de aula.*

Assim, levanta-se a tese de que as perspectivas da Modelagem com raízes na EMC deixam a desejar, no sentido de dar uma explicação aceitável para a determinação de temas a serem trabalhados em suas atividades.

A perspectiva de Modelagem que buscamos construir com essa pesquisa não abandona a hipótese da democracia na escola. Ela se baseia no processo de democratização, que subentende construção e busca permanentes pela preparação dos indivíduos para viver em uma sociedade democrática.

Assim, proponho que professor e alunos transformem a sala de aula em um ambiente de “questões problemáticas em CTS”. Esse ambiente pode ser construído a partir de reportagens de revistas, jornais, blogs (principalmente blogs independentes), vídeos dentre outras fontes, objetivando chamar a atenção dos alunos para os problemas com interferência direta ou indireta na comunidade em que vivem. Com isso, se abrirão possibilidades para que, no momento de escolher um tema para o trabalho, os alunos tenham algumas opções, ou seja, estejam imersos em problemáticas relacionadas às relações CTS.

Com isso, os alunos continuarão tendo a possibilidade de escolher o tema, porém, essa escolha será mediada, o que está em consonância com princípios democráticos. Ela ocorrerá dentre as diversas alternativas apresentadas pelo professor. Esse processo infringe os princípios democráticos defendidos pela Educação Crítica (que tampouco podem ser aspirados em outros modelos de atividades ou trabalhos), mas, auxilia na preparação do terreno e no lançamento da semente, para que aqueles princípios possam ser alcançados no decorrer do percurso.

5. A EMERGÊNCIA DE UMA NOVA PERSPECTIVA DE MODELAGEM

Daqui em diante, a partir dos dados levantados, desenvolveremos um diálogo com a literatura, no sentido de dar corpo ao que convencionamos chamar de Modelagem na perspectiva CTS.

Antes de começar essa discussão, propomos uma questão que será respondida conforme o desenvolvimento deste texto: que aspectos tornam pertinente a utilização ou a emergência de uma perspectiva de Modelagem que restringe tanto a possibilidade de escolha de temas? Como, a partir da escolha de temas, torna-se possível a presença da perspectiva CTS?

Embora não se assuma em momento algum que essa perspectiva de trabalho com a Modelagem esteja embasada unicamente pela e na *Educação Crítica*⁵⁰, ela traz algumas características dessa teoria educacional, assumindo como principal elemento motivador a necessidade de que todo ato educacional represente uma reação às contradições e complexidades sociais.

Nesse viés, torna-se pertinente desenvolver essa discussão a partir do que foi conceituado na seção anterior como *condições causais*, ou seja, elementos que apresentarão aspectos explicativos e motivacionais, com os quais objetivamos justificar a validade e necessidade da perspectiva de Modelagem proposta no presente texto.

⁵⁰ Segundo Skovsmose (2001), "para que a educação, tanto como prática quanto como pesquisa, seja crítica, ela deve discutir condições básicas para a obtenção do conhecimento, deve estar a par dos problemas sociais, das desigualdades, da supressão etc., e deve tentar fazer da educação uma força social progressivamente ativa" (p. 101). O mesmo autor ainda conclui que "uma educação crítica não pode ser uma simples prolongamento da relação social existente. Não pode ser um acessório das desigualdades que prevalecem na sociedade. Para ser crítica, a educação deve reagir às contradições sociais" (p. 101).

5.1. CONDIÇÕES CAUSAIS DA MODELAGEM NA PERSPECTIVA CTS

Os dados apresentados anteriormente nos revelam alguns elementos que justificariam propostas de perspectivas educacionais diferenciadas. Tais perspectivas teriam foco na mudança de comportamento social frente ao desenvolvimento, testagem, aplicação e consolidação de produtos da atividade científica e tecnológica. Esses elementos serão utilizados para justificar a Modelagem na perspectiva CTS.

A primeira codificação apresentada no texto anterior, no momento da categorização axial (não seletiva) utilizada para a qualificação dessa pesquisa, nos ofereceu a possibilidade de coletar/construir muitos dados. Ainda havia, porém, a dúvida sobre a saturação de todas as categorias criadas por nós. Como nossa proposta inicial era de trabalhar com 16 textos, fontes de dados, voltamos aos estudos e concluímos a codificação dos 12 textos restantes. Apesar de o número de textos ser significativamente maior que a amostra inicial, eles agregaram poucos elementos novos à categorização seletiva. Desse modo, consideramos que o número de dados se mantém suficiente aos nossos propósitos.

Assim, optamos por modificar a cor dos códigos criados na segunda codificação, a fim de facilitar uma comparação com a *network* apresentada na codificação inicial. A figura seguinte apresenta a nova *network* após a inserção dos novos códigos:

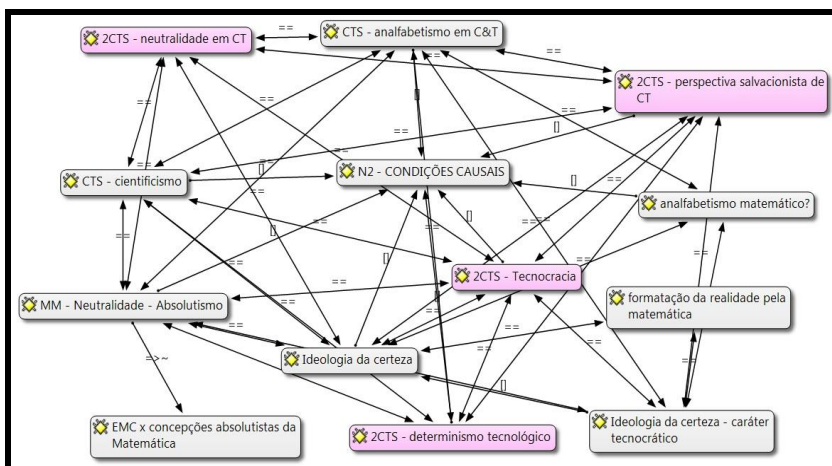


Figura 10 - Condições causais (após saturação)

A Figura 10 apresenta alguns códigos que trazem à tona problemáticas ligadas às mais diversas e complexas relações entre as pessoas, a Ciência, a Tecnologia e a Matemática, especialmente no que tange à compreensão que se tem de cada uma dessas frentes e à percepção que diferentes indivíduos envolvidos nessas frentes possuem acerca dos demais indivíduos.

Apresentaremos algumas informações sobre as "condições causais", tentando relacioná-las umas às outras, e buscando compreender como estão articuladas à origem do campo da perspectiva de Modelagem que propomos nesta tese.

Os códigos arrolados nessa *network* podem, segundo as nossas análises, ser correlacionados a duas subcategorias ali representadas: "Analfabetismo em C & T" e "Analfabetismo Matemático?"⁵¹, pois, conforme explanaremos a seguir, esses "analfabetismos" seriam, em maior ou menos grau, os principais mantenedores das demais problemáticas constantes dos códigos apresentados na Figura 10.

⁵¹ A interrogação que aparece na expressão "Analfabetismo matemático?" quer significar que o trecho ali codificado tem uma relação com a expressão "Analfabetismo em C e T", sugerindo, dessa forma, uma correlação entre essas duas ideias.

Auler e Delizoicov (2001A) discutem o "Analfabetismo em C & T", sendo que para os autores, quando se fala em Alfabetização Científico-Tecnológica, parte-se da premissa de que a população é científica e tecnologicamente analfabeta.

Tais reflexões vão ao encontro das de Angotti (1991), o qual acredita que as pessoas acionam botões, apertam teclas, mas não possuem acesso aos conhecimentos científicos e tecnológicos que embasam a criação desses instrumentos. O autor afirma que, em se tratando da "modernidade brasileira", a participação das pessoas é confusa e alienada. Para exemplificar, o autor aponta "lances infelizes", tais como o "acidente de Goiânia"⁵², devastações das florestas nacionais

⁵² No dia 13 de setembro de 1987, devido a manuseio indevido de um equipamento de radioterapia abandonado nos escombros do Instituto Goiano de Radioterapia por um proprietário de ferro velho, foram liberados no ambiente cerca de 19,6 g de cloreto de cézio - um sal obtido a partir do radioisótopo 137 do elemento químico cézio. Devido à capacidade que o material tinha de emitir uma luz azulada em ambientes escuros chamou a atenção de diversas pessoas que tiveram contato direto com material. Segundo o site mantido pelo Governo de Goiás, "foram identificados e isolados sete focos principais, onde houve a contaminação de pessoas e do ambiente e onde havia altas taxas de exposição. No total, foram monitoradas 112.800 pessoas, das quais 249 apresentaram significativa contaminação interna e/ou externa, sendo que em 120 delas a contaminação era apenas em roupas e calçados, sendo as mesmas liberadas após a descontaminação. Os 129 que constituíam o grupo com contaminação interna e/ou externa passaram a receber acompanhamento médico regular. Destes, 79 com contaminação externa receberam tratamento ambulatorial; dos outros 50 radioacidentados e com contaminação interna, 30 foram assistidos em albergues, em semi-isolamento, e 20 foram encaminhados ao Hospital Geral de Goiânia; destes últimos, 14 em estado grave foram transferidos para o Hospital Naval Marcílio Dias, no Rio de Janeiro, onde quatro deles foram a óbito, oito desenvolveram a Síndrome Aguda da Radiação - SAR -, 14 apresentaram falência da medula óssea e 01 sofreu amputação do antebraço. No total, 28 pessoas desenvolveram em maior ou menor intensidade, a Síndrome Cutânea da Radiação (as lesões cutâneas também eram ditas "radiodermites"). Os casos de óbito ocorreram cerca de 04 a 05 semanas após a exposição ao material radioativo, devido a complicações esperadas da SAR - hemorragia (02 pacientes) e infecção generalizada (02 pacientes). O acidente de Goiânia gerou 3500m³ de lixo radioativo, que foi acondicionado em *containers* concretados. O repositório definitivo deste material localiza-se na cidade de Abadia de Goiás, a 23 km de Goiânia, onde a CNEN instalou o Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste, que executa a monitoração dos rejeitos radioativos

e, especialmente na época em que escrevia sua tese, o autor cita o exemplo da "propaganda irresponsável de remédios milagrosos nas emissoras de rádio, e o debate barulhento sobre os destinos do Proálcool e o uso de Metanol" (p. 09). Podemos adicionar a essa lista a não-problematização, por parte da população, de possíveis efeitos desses aparatos originados da atividade científica e tecnológica sobre o planeta, consumindo-os vastamente sem, aparentemente, se preocupar com os resultados.

As reflexões de Angotti (1991) apontam no sentido de um "analfabetismo científico e tecnológico funcional"⁵³, pois no projeto de modernidade brasileiro havia e há uma perspectiva de C & T, sobretudo, amparada nas "promessas" de um projeto político de sociedade em que C & T promoveriam o bem-estar de todos, o conhecimento como certezas e verdades absolutas, a construção de metanarrativas para explicar a realidade etc. Entretanto, é fundamental nos questionarmos a quem interessou e interessa tal projeto. Com o autor, podemos rever o quanto é possível questionar esse projeto, sobretudo em torno das fragilidades, destrutividades, irresponsabilidades, mas também conquistas e avanços da C & T. Assim, podemos pensar em como produzem o "analfabetismo" e indagar, como ele se relaciona à existência da modernidade. Desse modo, outras perspectivas CTS podem nos induzir a questionar o próprio projeto de modernidade cuja existência permite diferentes modos de "analfabetismos". Nesse sentido, a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2000) apresenta o conceito de *Scientific literacy*, como a

capacidade de usar o conhecimento científico, identificar questões e tirar conclusões baseadas

e controle ambiental".(Disponível em: <http://www.saude.gov.br/>, acessado em 02/01/2013).

⁵³ Segundo o site do Instituto Paulo Montenegro, "É considerada analfabeta funcional a pessoa que, mesmo sabendo ler e escrever um enunciado simples, como um bilhete, por exemplo, ainda não tem as habilidades de leitura, escrita e cálculo necessárias para participar da vida social em suas diversas dimensões: no âmbito comunitário, no universo do trabalho e da política, por exemplo "(Disponível em: <http://www.ipm.org.br/>>. Acesso em: 12 janeiro 2014). Dessa forma, para um analfabeto científico e tecnológico funcional, se incluiria na lista das habilidades ausentes a falta de compreensão acerca do empreendimento científico e tecnológico, bem como a falta de compreensão das relações entre a produção tecnológica e a pesquisa em ciência e tecnologia.

em evidências, a fim de compreender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo natural e sobre as mudanças nele provocadas por meio da atividade humana" (p. 76. tradução nossa).

Em seguida, o documento começa a tratar o assunto em termos de alfabetização científica, afirmando que a inclusão de alfabetização científica como uma competência geral para a vida na avaliação do PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos) "reflete a crescente centralidade do conhecimento científico e questões tecnológicas para a vida do século XXI" (p. 76, tradução nossa).

Esse documento evidencia que não se trata de acumular grandes quantidades de conhecimentos científicos, mas que é preciso saber o suficiente para ser capaz de pensar cientificamente sobre as situações com as quais as pessoas se depararem (OCDE, 2000). Aqui estamos atentos aos riscos em torno do que seria esse "saber o suficiente", pois, quem poderia quantificar esse limite em torno do saber, do pensar, ou seja, do conhecimento? A escola? O currículo? O professor? O aluno? Enfim, aqui entra em cena o sujeito contemporâneo, constituído pelas possibilidades culturais, sociais, políticas, afetivas, pedagógicas, históricas, tecnológicas, etc. de tornar-se, todo o tempo, um sujeito de conhecimento, que se faz e desfaz, capaz de resistir e questionar o que lhe é previsto como suficiente, capaz de criar e anunciar o que deseja *com e a partir da C & T*.

O rótulo "alfabetização científica e tecnológica", porém, pode ser compreendido de diversas formas. Auler e Delizoicov (2001A), em um trabalho sobre a alfabetização científica e tecnológica segundo as perspectivas reducionista e ampliada, afirmam que a perspectiva reducionista "desconsidera a existência de construções subjacentes à produção do conhecimento científico-tecnológico, tal como aquela que leva a uma concepção de neutralidade da Ciência-Tecnologia" (2001A, p. 01).

Os autores relacionam à compreensão de neutralidade algumas construções históricas pouco consistentes realizadas sobre a atividade científico-tecnológica, as quais denominam de mitos, a citar: "a perspectiva salvacionista/redentora atribuída à Ciência-Tecnologia, o determinismo tecnológico e a superioridade/neutralidade do modelo de decisões tecnocráticas" (AULER e DELIZOICOV, 2006, p. 04).

Quanto ao mito da perspectiva salvacionista/redentora, atribuída à Ciência-Tecnologia, que está relacionado ao código "Perspectiva

salvacionista de CT", segundo Auler e Delizoicov (2006), pode ser definido da seguinte forma: "em algum momento do presente ou do futuro, Ciência-Tecnologia resolverão os problemas, hoje existentes, conduzindo a humanidade ao bem-estar social" (p. 04). Os mesmos autores afirmam que, ao coadunar-se com esse mito, ignoram-se as relações sociais em que Ciência e Tecnologia são concebidas e utilizadas (AULER e DELIZOICOV, 2006, p. 04). Para Auler e Delizoicov (2001), há duas ideias associadas a isso: "CT necessariamente conduzem ao progresso, e Ciência e Tecnologia são sempre criadas para solucionar problemas da humanidade, de modo a tornar a vida mais fácil" (p. 04). Tais ideias estão articuladas com o que chamamos de "promessas da modernidade", pois sabemos o quanto esse período histórico é produzido a partir dessas noções de ciência e tecnologia que influenciam os modos de ser, pensar e agir.

Outro fator não considerado aqui é a probabilidade de que não exista nenhum tipo de empreendimento científico e/ou tecnológico que não gere algum tipo de "problema" para a humanidade. Nesse caso, apresenta-se um ciclo infinito, em que um novo produto da atividade científica e/ou tecnológica (B) é criado para resolver um problema causado por outro empreendimento dessa mesma natureza (A). O empreendimento B gera um novo problema que demanda a criação de outro produto científico-tecnológico (C) para resolvê-lo, que também gerará um novo problema, e que alimentará o ciclo infundável.

As possibilidades de uma alfabetização científica e tecnológica podem consistir em mostrar que, citando as palavras de Sachs (1996) baseadas em Solomon, Sagasti, e Sachs-Jeantet, "o progresso científico e tecnológico não coincide necessariamente com o progresso social e moral" (p. 13). Nesse mesmo sentido, ainda deve mostrar que, segundo a mesma autora, "o desenvolvimento não é um processo neutro, que deixa intactas as estruturas sociais sobre as quais atua; nem a ciência e a tecnologia são alavancas para a mudança que afetam sempre no melhor sentido aquilo que transformam" (p. 13).

O determinismo tecnológico (vou considerar como científico-tecnológico) é caracterizado por Gómez (1997) segundo duas teses: a primeira afirma que "a mudança tecnológica é a causa da mudança social" (p. 67). A tecnologia definiria os limites do que uma sociedade pode fazer e, dessa forma, a inovação tecnológica se apresenta como o principal fator da mudança social. A segunda tese afirma que "a tecnologia é autônoma e independente das influências sociais" (p. 68).

Em contraposição ao mito do determinismo científico-tecnológico, a alfabetização científica e tecnológica pode esclarecer que, segundo as palavras de Auler e Delizoicov (2001),

O avanço tecnológico não opera por si mesmo. As mudanças acontecem porque favorecem grupos, sendo que outros grupos oferecem resistências. Influem, no desenvolvimento tecnológico, condições econômicas, políticas e sociais, assim como organizações estatais e privadas. Considera que o endosso ao determinismo tecnológico, consiste numa forma sutil de negar as potencialidades e a relevância da ação humana (p. 06).

Quanto ao mito da superioridade/neutralidade do modelo de decisões tecnocráticas, segundo a nossa compreensão, está relacionado aos conceitos de "Ideologia da certeza" e de "Cientificismo", aproximando-se, dessa forma, de alguns dos códigos criados por nós.

A supervalorização do modelo de decisões tecnocráticas é reforçado no dia-a-dia, inclusive nas escolas. Segundo Herrera (2000), uma das maneiras mais simples para finalizar qualquer discussão é dizer que algo já foi cientificamente provado. Para o autor, esse argumento possibilita que uma discussão seja finalizada sem muitos questionamentos. Afirma ainda que esse argumento é semelhante àquele usado em outras épocas pelos cristãos, quando, ao defender uma determinada ideia, garantiam que estavam sustentados pela palavra de Deus, ou seja, embasados pela Bíblia.

A tecnocracia é apresentada por Thuillier (1989) e classificada como "a ação de transferir a 'especialistas', técnicos ou cientistas, problemas que são de todos os cidadãos" (p. 22). Dessa forma, esses tecnocratas teriam o poder de dar a "última palavra" acerca das situações em questão. O autor enfatiza que o maior problema, nesse caso, é que "escolhas políticas são transformadas em questões a serem decididas por comitês de especialistas" (p. 22), o que acaba por ignorar, muitas das vezes, o clamor popular.

A tecnocracia é sustentada pelo cientificismo, segundo o qual, seria possível neutralizar e/ou eliminar o sujeito do processo científico-tecnológico, pois o especialista poderia solucionar quaisquer problemas de modo eficiente e ideologicamente neutro. A crença no cientificismo advoga que todo problema tem uma solução "ótima" e que, portanto,

conflitos ideológicos ou de interesse devem ser eliminados (LUJÁN *et al.*, 1996). Em outras palavras, pode-se dizer que, para o cientificismo, tudo pode ser explicado pela Ciência e essa explicação, necessariamente, será melhor fundamentada e verdadeira do que qualquer outra.

O cientificismo está relacionado, segundo nosso olhar, à ideologia da certeza matemática. O conceito de ideologia da certeza é apresentado por Borba e Skovsmose (2001). Segundo os autores, assim como no caso do cientificismo, a ideologia da certeza sustenta o caráter de neutralidade da Matemática (o cientificismo trata de forma mais geral, falando em neutralidade da Ciência), atribuindo a ela o poder de detentora do argumento definitivo em qualquer debate na sociedade. É bastante comum se utilizar a ideologia da certeza na apresentação de decisões políticas, por exemplo, sugerindo que a decisão tomada aponta o melhor caminho a ser seguido. Os autores afirmam que "a ideologia da certeza defende a hipótese de que um problema tecnológico tem uma solução ótima" (BORBA e SKOVSMOSE, 2001, p. 135). A solução proposta tem caráter tecnocrático, já que não deixa margens para contra-argumentações do público interessado, o que caracteriza seu uso como linguagem de poder.

Em outras palavras, segundo Araujo (2007),

a matemática participa de forma decisiva na estruturação do debate político, o que explicita sua dimensão política na sociedade. Assim sendo, aqueles que não têm acesso à matemática estão sujeitos ao controle e à vontade dos detentores do poder, já que a impossibilidade de acesso significa não participar do complexo debate político, sustentado também por essa ciência⁵⁴. Como

⁵⁴ Por outro lado, é importante que não se percam de vista as dificuldades em se localizar as aplicações matemáticas nas mais diversas frentes. Skovsmose (2001) afirma que "aplicações reais da matemática ficam normalmente 'escondidas', embora sejam muito importantes" (p. 39). Em outro momento, o autor afirma que "a matemática tem implicações importantes para o desenvolvimento e a organização da sociedade - embora essas implicações sejam difíceis de identificar" (p. 40). Davis e Hersh (1986) também afirmam que, embora pessoas matematicamente não sofisticadas possam utilizar a matemática ordinária (cálculos relativos a contagens, medidas e preços, comuns ao cotidiano da maioria das pessoas) com certa facilidade, quando se passa a considerar a matemática superior, as aplicações matemáticas são mais difíceis

conseqüência, pode-se reforçar as desigualdades sociais, o racismo, discriminações sócio-econômicas (p. 63).

Podemos pensar aqui a imagem do cientista e ou pesquisador, que, para validar essa noção de Ciência, partilha de alguns princípios da Ciência moderna: neutralidade, objetividade, quantificação, busca pelas certezas últimas, validação dos resultados, prescrição, generalização dos resultados, as metanarrativas, etc.. Assim, parece não haver abertura para o imprevisível, a dúvida, incerteza, ou para o conhecimento desenvolvido localmente, e pouco considera a transitoriedade dos resultados, bem como a dimensão da subjetividade do pesquisador como algo que pode influenciar no processo de pesquisa.

Consideramos que tais problematizações possuem relações com o pensamento de Michel Foucault, pois suas obras estão ligadas ao saber e ao poder. Esse pensador conseguiu dar visibilidade em torno do funcionamento de práticas e saberes produtores da modernidade e do chamado sujeito moderno.

de observar e verificar. Os autores chegam a afirmar que "seria de uma importância enorme para a profissão se algum pesquisador inteligente e versátil devotasse vários anos a esta tarefa, e, por meio de visitas a negócios, laboratórios, fábricas etc., documentasse exatamente onde isso acontece (p. 113). Assim, podemos questionar a que matemática a autora se refere, ao afirmar que "aqueles que não têm acesso à matemática estão sujeitos ao controle e à vontade dos detentores do poder? Será que para ter acesso a esses conhecimentos provenientes da matemática seria necessário passar pela escola? Como a passagem pela escola pode garantir conhecimentos matemáticos capazes de resistir ao que nos é estabelecido, na busca de problematizar e solucionar as situações da realidade? Talvez possamos nos perguntar também por aqueles que não passam pela escola, ou que passam, mas que não encontram relações entre os conhecimentos da matemática e questões do cotidiano. Será que tais sujeitos não estão próximos ou não acessam conhecimentos matemáticos? Será que são "controlados" por quem detém tais saberes de forma passiva, ou seja, sem resistências? Como o currículo da escola pode contribuir para um conhecimento matemático que se ocupa de questões políticas? Como matemática e política podem dialogar e como esses saberes podem contribuir para modos de resistências e enfrentamento ao que nos é instituído? Com esses questionamentos, podemos refletir sobre quem são os detentores de poder, e, talvez pela própria noção de poder que está em jogo...

Para Araújo (2007, p. 29), inspirada nos domínios foucaultianos, o exercício do poder cria saber e este produz efeitos de poder. O poder opera por meio de discursos, principalmente aqueles que veiculam e produzem verdades. Assim podemos dizer que há inter-relação e interfaces entre verdade e poder, saber e poder, discurso e poder. Salienta que “a verdade é deste mundo, é produzida por múltiplas e variadas restrições, ela não está fora do poder nem é possível sem o poder” (ARAÚJO, 2007, p. 29), sendo um dos caminhos mais trilhados e poderosos, o do discurso científico, através do qual a verdade é difundida, reconhecida e consumida. Como apontamos acima, a tecnocracia, amparada pelo cientificismo, produz relações de poder, saber, discurso e verdade.

O discurso não apenas diz as coisas, mas institui as coisas. De acordo com Foucault (2012), os discursos são práticas que formam sistematicamente os objetos de que falam. Na tecnocracia, por exemplo, podemos estar atentos aos discursos que produz, ao que torna visível e invisível, ao que hierarquiza, anula, apaga, exclui, inclui. Assim, o discurso, produz objetos, práticas, significados, sujeitos e cria realidades. Uma prática discursiva não é um ato de fala individual, mas um conjunto de enunciados que não estão isolados e soltos no mundo, mas conectados a outras práticas discursivas que “moldam nossas maneiras de constituir o mundo, de compreendê-lo e de falar sobre ele” (VEIGA NETO, 2005, p.112).

Todos os elementos apresentados e discutidos anteriormente relacionam-se a códigos que criamos para abarcar citações isoladas dos textos utilizados como fontes de dados. Eles oferecem alguns subsídios escolhidos por nós como motivos ou causas justificadoras da proposta do que convençionamos chamar nessa tese de Modelagem na perspectiva CTS. Esses motivos ou causas são:

- A utilização de conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos com a função ideológica de dominação, ou como meio de exploração social.
- A ideologia da certeza como subsidiadora do discurso matemático, científico e tecnológico;
- A Matemática e as Ciências naturais vistas como verdades absolutas;
- A concepção de neutralidade dos conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos;

- O mito do salvacionismo da humanidade pela Ciência e Tecnologia, englobando toda sorte de questões relacionadas ao meio ambiente;

Para completar a listagem, propomos mais um item, que, embora não apareça claramente enunciado no material pesquisado, se faz presente nas discussões postas. Seria ele:

- A necessidade de serem consideradas as práticas educacionais relacionadas à educação matemática, bem como o conhecimento matemático escolar, a partir do pressuposto de que todo ato educacional matemático (científico, tecnológico etc.) deve provocar reações às contradições e complexidades sociais.

Enunciando, podemos dizer que a Modelagem na perspectiva CTS tem como principal objetivo identificar, conhecer, problematizar, confrontar e propor soluções para questões CTS relacionadas aos motivos ou causas-base, condições causais, apresentados anteriormente, por meio da utilização de conhecimentos matemáticos que serão lembrados ou ensinados durante o processo, bem como, ao encontrar e propor soluções, testá-las e compará-las a outras possíveis soluções, aportadas ou não na Matemática, criar novos questionamentos e problemas a serem trabalhados e pesquisados.

Dessa forma, afirmamos que esses elementos nos permitem a identificação de situações a serem discutidas e problematizadas a partir de atividades de Modelagem na perspectiva CTS, apresentando um recorte que delimita o campo de atuação da forma de se fazer Modelagem aqui proposta.

5.2. A EMERGÊNCIA DE UMA OUTRA PERSPECTIVA DE MODELAGEM

Segundo dados apresentados anteriormente, diante das situações causais já apresentadas, educadores matemáticos e educadores do campo da Ciência e Tecnologia assumem alguns posicionamentos teóricos. Esses posicionamentos, de uma forma geral, são cogitados como reação contra o que convencionamos chamar de situações causais, promovendo

a compreensão e a busca por alternativas a tais situações. Assim serão formados indivíduos com conhecimentos passíveis de produzir intervenções no meio social, cultural, político do qual fazem parte, visando diminuir desigualdades de classe, educacional, cultural, etc. Esses indivíduos estarão comprometidos com seu contexto, com os outros e consigo mesmos.

No campo da Educação Matemática, que passará a ser por nós destacado, os Trabalhos com Projetos⁵⁵ ou Pedagogia de Projetos, e a Modelagem são algumas das principais frentes que oferecem possibilidades de diálogo entre a Matemática e a realidade. Nesta pesquisa, optamos por sistematizar uma perspectiva de Modelagem articulada ao trabalho com temas relacionados ao campo CTS. A importância de temas em CTS pode ser comprovada nos textos, fontes de dados para essa pesquisa. P1 afirma que a interação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade pode propiciar "o desenvolvimento de valores e idéias por meio de estudos de temas locais, políticas públicas e temas globais" (p. 05).

Não é nossa intenção, com este trabalho, determinar se uma ou outra perspectiva de se considerar a Modelagem é melhor ou pior, assim como também não se pretende comparar trabalhos de Modelagem a Trabalhos com Projetos, encontrar diferenças, semelhanças ou algo assim. Nossa opção se deve ao fato de compreendermos a importância das discussões sociais e políticas (que existem ou deveriam existir) envolvendo empreendimentos da ação científica e tecnológica.

Dessa forma, a Modelagem, no campo da Educação Matemática, se destaca como uma estratégia de reação às situações causais enumeradas anteriormente. Porém, questionamos: considerando algumas diferentes compreensões sobre o que vem a ser a Modelagem, quais as características de uma ou outra abordagem nos serão mais adequadas para a elaboração da perspectiva de Modelagem aqui proposta?

Como dissemos anteriormente, os textos lidos nos deram indícios, por meio do código "abordagens de modelagem", de que existem

⁵⁵Para Cattai e Penteadó (2009, p. 107), "os projetos são organizados em torno de um tema ou um problema a ser investigado. A abordagem desse tema pode ocorrer em parceria com outras disciplinas. Há a recomendação para que sejam escolhidos temas da atualidade e do interesse dos alunos, levando-se em consideração a possibilidade de trabalhar os problemas existentes na comunidade, bem como 'sua relevância para o desenvolvimento de conteúdos programáticos'".

diferentes formas de se fazer Modelagem ou diferentes compreensões do que vem a ser a Modelagem. Muitas dessas perspectivas são mecanismos para "dourar a pílula", ou seja, se apresentam como alternativas pedagógicas para trabalhar a matemática em salas de aula, de forma diferente daquela tradicional. Isso sem assumir como um de seus objetivos questionar, por meio da Matemática, problemáticas e complexidades sociais emergentes ou cristalizadas no cotidiano das comunidades envolvidas, bem como no cotidiano escolar.

Em estudo anterior⁵⁶, ao discutirmos sobre a forma como em alguns casos os temas são tratados nas atividades de Modelagem, observamos que eles são tomados apenas como disparadores para a aprendizagem da Matemática. Surge a impressão de que "a natureza do tema não tem relevância alguma, dado que, assim que a matemática entra em cena o tema é deixado de lado e, no máximo, se volta a ele para a testagem do modelo desenvolvido" (SILVEIRA e BOTEGA, 2013, p. 3014).

Essa nossa posição encontra-se enraizada nos textos estudados. P3 se mostra contrária a perspectivas de Modelagem que se preocupem apenas, "em dar instrumentos matemáticos aos estudantes ou em apresentar a eles exemplos de aplicação da matemática à realidade" (p. 64). Segundo P3, a modelagem deve levar os alunos a refletirem "sobre a presença da matemática na sociedade, seja em benfeitorias ou em problemas sociais, e reagir contra as situações críticas que a matemática também ajudou a construir" (p. 64). Nesse mesmo sentido, P4 argumenta que para além de olhar para a Matemática, o professor deve considerar "outras oportunidades tanto para o crescimento intelectual do estudante como para a sua formação crítica enquanto cidadão presente em uma sociedade altamente tecnológica, globalizada e com forte presença da matemática" (p. 03).

Corroborando a noção da existência de diferentes "abordagens de modelagem", conforme já apresentado anteriormente, Araújo (2002), faz um levantamento de trabalhos desenvolvidos em Educação Matemática denominadas "Modelagem Matemática" por seus propositores. Nessa pesquisa, a autora se depara com a existência de uma multiplicidade de perspectivas de Modelagem Matemática. Todas essas perspectivas têm em comum, porém, o objetivo de tentar compreender, com alguma

⁵⁶ Silveira e Botega (2013).

simplificação, algum fenômeno da realidade, por meio do ferramental matemático, desenvolvido pela cultura da matemática escolar.

Algumas das diferenças, e que aqui nos são fundamentais, parecem estar relacionadas ao que cada proponente considera "problema da realidade". No capítulo anterior, apresentamos um exemplo hipotético, segundo o qual, o problema da realidade estudado se refere ao comportamento de um esguicho de água que sai por um furo em um cano transparente em função da altura de uma coluna de água no interior do cano. É evidente que esse "problema da realidade" provavelmente gerará dados interessantes para o estudo matemático que se propõe, mas do ponto de vista das questões sociais da realidade, especialmente aquelas ligadas à água, como a escassez, a poluição, o desperdício etc., a atividade se apresenta como estéril.

Por outro lado, as perspectivas de Modelagem baseada a EMC⁵⁷ trazem como objetivo fundamental reconhecer e direcionar suas ações para os conflitos e crises da/na sociedade, reagindo contra eles. É evidente que os "problemas da realidade" surgidos aqui não serão apenas "motivos" para o ensino e a aprendizagem de Matemática. A compreensão desses problemas exigirá o desenvolvimento de conhecimentos matemáticos que, necessariamente, deverão ser ensinados aos alunos envolvidos no processo. Nesse sentido, se objetiva promover a educação com a Matemática; ela surge como ferramental privilegiado, oferecendo condições para o levantamento e tratamento de informações que poderão oferecer elementos a serem apreciados e discutidos na busca da compreensão do problema existente.

A Modelagem Crítica oferece grandes contribuições para a perspectiva de Modelagem baseada nas questões CTS. Como já apresentado, a Modelagem CTS objetiva se posicionar, no sentido de reagir contra algumas situações chamadas de causais que se encontram enraizadas nos dados que produzimos/coletamos. Geralmente, essas situações causais estão relacionadas a algum tipo de contradição ou complexidade social, aproximando, portanto, da EMC nossa perspectiva de Modelagem.

⁵⁷ Nessa tese, mesmo reconhecendo os riscos de tal reducionismo, chamarei todas as perspectivas de Modelagem baseadas na Educação Matemática Crítica ou na Educação Crítica de Modelagem Crítica. Essa seria a mesma perspectiva de Modelagem que Silva e Kato nomeiam de Modelagem segundo a perspectiva Sociocrítica (2012).

Por outro lado, embora semelhantes e com motivações próximas, essas duas perspectivas de Modelagem não se confundem. As diferenças que parecem ser sutis, na verdade são bastante significativas, já que tocam no âmago da questão da democracia, um dos princípios fundamentais regentes da EMC e, conseqüentemente, da perspectiva de Modelagem baseada na EMC. Esse assunto será discutido mais adiante.

Após a construção/coleta de dados, percebemos que o elo que aproxima a Modelagem das questões CTS é o tema, que se configura como o campo de questões para discussões nas atividades. As questões envolvendo o acrônimo CTS são exemplos de "problemas da realidade" e elementos fundamentais em qualquer perspectiva de Modelagem.

Conforme apresentado no esquema seguinte, reconstruído após a saturação dos dados, a aproximação entre a Modelagem e o campo CTS se dá exatamente a partir do tema a *core category*.

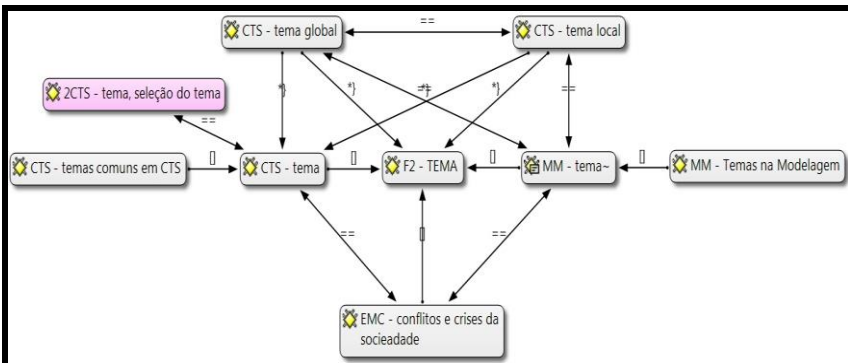


Figura 11 - O tema como eixo de convergência entre a Modelagem e as relações CTS (após saturação)

A possibilidade de trabalhar com temas provenientes do campo CTS nas atividades de Modelagem é reforçada ao nos depararmos com informações levantadas no texto P1, que enumera os temas mais recorrentes naquilo que chama de “cursos CTS”. O texto enumera os seguintes temas: saúde humana e doença; fome mundial, alimentação e agricultura; recursos energéticos, escassez de energia; terra, uso do solo; recursos hídricos e minerais; ambiente; guerra tecnológica, indústria e tecnologia, transferência de informação e tecnologia; ética e responsabilidade social; qualidade do ar e atmosfera; crescimento

populacional; substâncias perigosas; reatores nucleares e animais e plantas em extinção.

Em estudo anterior⁵⁸, visando produzir um panorama da produção brasileira sobre Modelagem na Educação Matemática e tomando como objetos de análise as teses e dissertações produzidas no Brasil até o ano de 2005, apresentamos uma listagem dos temas explorados em atividades de Modelagem relacionadas pelos autores. Observamos que os mais citados foram, segundo o número de repetições: saúde, água, qualidade de vida, animais, agropecuária, crescimento populacional, esportes/diversão, comércio, construção civil, equipamentos elétricos/mecânicos, custo benefício, traslados, educação, resíduos sólidos, consumo elétrico, impostos, investimentos/aplicações, plantas, trabalho, degradação ambiental, fenômenos naturais, indústria, alimentos, desenho técnico, drogas, meios de transportes, tecnologias, desperdício de recursos, dobraduras, embalagem, física nuclear, higiene e reações químicas.

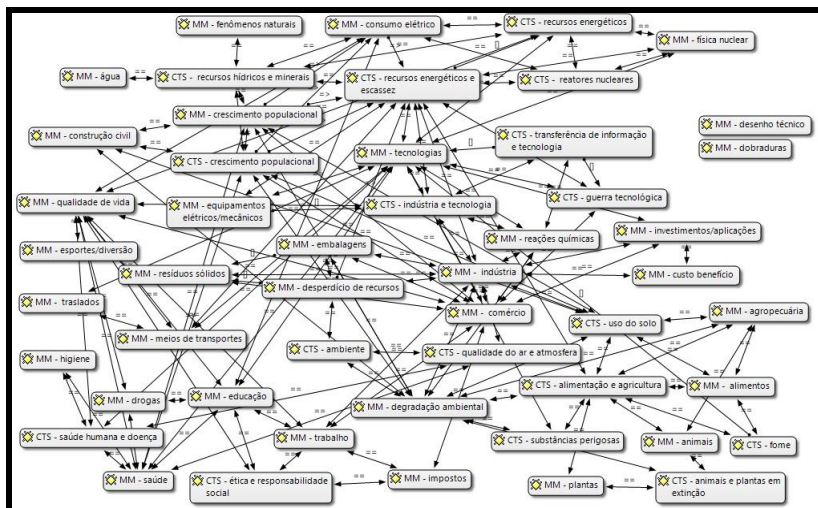


Figura 12 - Articulações entre temas utilizados nos campos da Modelagem e CTS e suas possíveis relações

⁵⁸ Silveira (2007).

Observando as duas listagens, a relacionada aos temas mais comuns utilizados em atividades CTS, no campo da Educação Científica e Tecnológica, e a que apresenta temas comuns às atividades de Modelagem, percebemos que vários desses temas se repetem. Algumas vezes os nomes não são exatamente os mesmos, mas as ideias centrais das temáticas estão relacionadas.

É importante salientar que, dependendo da concepção de cada autor sobre Modelagem, baseado em sua compreensão acerca do que venham a ser os "problemas da realidade" e a própria noção de realidade com um mesmo tema, podem ser feitos trabalhos com finalidades bem diferentes como já foi exemplificado.

Assim, como nossa proposta é trabalhar com temas CTS, valorizando as discussões que trazem à tona as contradições e complexidades geradas *na* e *pela* sociedade, a partir da atividade científica e tecnológica, acabamos por esbarrar em problemas relacionados à participação dos alunos na escolha desses temas e no desenvolvimento de questões problemáticas a serem trabalhadas nas atividades de Modelagem.

No campo da Modelagem, tem havido uma discussão acerca do nível de participação dos alunos nas atividades de Modelagem. Barbosa (2001) apresentou o que chamou de "configuração curricular", referindo-se às diferentes possibilidades de se desenvolverem atividades de Modelagem em sala de aula. Essas diferentes configurações foram chamadas de caso 1, caso 2 e caso 3, não se configurando como casos estanques, mas como regiões de possibilidades. O quadro seguinte apresenta o comportamento de professor e alunos em cada uma dessas regiões de possibilidades.

O ALUNO E O PROFESSOR NOS CASOS DE MODELAGEM			
	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Elaboração da situação-problema	professor	professor	professor/aluno
Simplificação	professor	professor/aluno	professor/aluno
Dados qualitativos e quantitativos	professor	professor/aluno	professor/aluno

Resolução	professor/aluno	professor/aluno	professor/aluno
-----------	-----------------	-----------------	-----------------

QUADRO 7 - Fonte: Barbosa (2001, p. 09)

Nessa classificação, porém, o autor não esclarece detalhes acerca da escolha do tema para a elaboração da situação problema. Pode ser que o autor tenha entendido que a elaboração da situação problema, que segundo o caso 3 requer a participação dos alunos, inclua a escolha do tema. Para nós, porém, são duas coisas diferentes.

Ao descrever as características de uma atividade de Modelagem, segundo a perspectiva Sociocrítica, Silva e Kato (2012) afirmam que "os alunos participam decisivamente na escolha do tema que irão discutir, bem como a elaboração do problema que tem características, a princípio, não-matemáticas" (p. 824).

Em seguida, as autoras afirmam que

O trabalho em grupo significa trabalhar em pequenos grupos, ou constituir o grupo todo da sala de aula, e permite que os alunos argumentem em defesa do que pensam e ouçam os argumentos dos seus pares e decidam em conjunto como construir o modelo matemático em conformidade com as decisões do grupo. Da mesma forma, ao conceber a sala de aula como um espaço democrático, em que todos podem expor suas ideias, os alunos participam expondo, criticando e reformulando o modelo criado em determinada situação. Destaca-se, também, a importância de escolher um problema do interesse de todo o grupo, o que os torna mais envolvidos nas problematizações e discussões, fazendo com que encontrar uma possível solução para o problema seja realmente importante para eles. Assim, as atividades de Modelagem Matemática, na perspectiva sociocrítica, fazem da sala de aula um espaço em que todos podem participar igualmente, expondo seus pensamentos e incentivando o respeito pelas ideias dos outros, permitindo que observem como a Matemática e o modelo matemático construído podem servir para analisar e tomar decisões sobre determinado problema (SILVA e KATO, 2012, p. 829-830).

A partir das palavras das autoras, está evidente que a sala de aula pode se tornar um espaço democrático, em que todos os envolvidos na atividade possam ter voz e vez.

Por outro lado, é preciso problematizar a seguinte situação: o espaço se torna democrático após a decisão de se trabalhar com a Modelagem (então a Modelagem contribuiria para a vivência da democracia?) ou, por ser um espaço democrático o trabalho com a Modelagem torna-se possível?

Uma possível (e provável) resposta seria: uma sala de aula não requisita a categoria de "espaço democrático" de hora para outra. Nossa compreensão é que a condição de "espaço democrático" não passa a existir apenas momentos depois que o professor anuncia que desenvolverá uma atividade de Modelagem, mas sim, já existe ou está em construção há algum tempo⁵⁹. É justamente essa condição de espaço democrático, requisitado pelas abordagens de Modelagem Crítica, que possibilita o surgimento daquilo que chamamos de "*problemas em relação à democracia*" já apresentados. Antes de rediscuti-los, porém, vamos apresentar algumas considerações acerca do conceito de democracia.

Embora as diversas e diferentes compreensões de democracia relacionem-na a "método de governo" (BOBBIO, 1986, p. 05) ou "método ou conjunto de regras de procedimento para a constituição de Governo e para a formação das decisões políticas" (BOBBIO, MATTEUCCI e PASQUINO, 1998, p. 327), Skovsmose (2001) avança em relação a tais compreensões afirmando que "a democracia não caracteriza apenas estruturas institucionais da sociedade com relação à distribuição de direitos e deveres. Democracia também tem a ver com a existência de uma competência na sociedade" (p. 37). O autor está se referindo a aspectos não-institucionais da democracia.

⁵⁹ É importante considerar que a nossa última LDB (Lei de Diretrizes de Bases da Educação Nacional) a Lei 9394/1996 aponta como um de seus princípios a gestão democrática nas instituições de ensino. Assim, apesar de assegurados por lei, os processos democráticos devem ser desenvolvidos e construídos como prática no cotidiano da escola por todos os sujeitos envolvidos e pela comunidade escolar. A democracia é um aprendizado na vivência das instituições que promovem espaços e processos de participação.

Buscando apresentar elementos que subsidiem uma definição mínima de democracia, Bobbio (1986), afirma:

Todo grupo social está obrigado a tomar decisões vinculatórias para todos os seus membros com o objetivo de prover a própria sobrevivência, tanto interna como externamente. Mas até mesmo as decisões de grupo são tomadas por indivíduos (o grupo como tal não decide). Por isto, para que uma decisão tomada por indivíduos (um, poucos, muitos, todos) possa ser aceita como decisão coletiva é preciso que seja tomada com base em regras (não importa se escritas ou consuetudinárias) que estabeleçam quais são os indivíduos autorizados a tomar as decisões vinculatórias para todos os membros do grupo, e à base de quais procedimentos (p. 18-19).

Mais adiante o autor afirma que, "a democracia sustenta-se sobre a hipótese de que todos podem decidir a respeito de tudo" (p. 35).

Tais formas de pensar a democracia nos apresentam o primeiro problema relacionado a esse conceito, quando utilizado nas atividades de Modelagem na perspectiva da Educação Crítica (ou EMC), que se caracteriza por uma série de fatos desencadeados a partir da ideia de "decidir coletivamente sobre tudo" na sala de aula, que está, segundo nossa opinião, em consonância com a consideração da sala de aula como espaço democrático.

Assim, a partir do momento em que se consolida um espaço democrático, podemos supor que os alunos, em conjunto, teriam a possibilidade não apenas para "barrar" o desenvolvimento de atividades de Modelagem nas aulas de Matemática, mas também de "barrar" as próprias aulas de Matemática, se esse fosse o interesse do grupo.

Se há um consenso dos atores constituintes da escola de que os alunos tenham participação nas tomadas de decisões e devem ser consultados no que concerne à sua educação, ou se estamos pensando em envolver os alunos nas decisões e no controle do processo educacional, ou seja, se a escola é tomada como um espaço democrático, significa dizer que eles terão o direito de ajudar a decidir as coisas e o direito de voto e veto. Sendo assim, os alunos podem decidir, em algum momento, a suspensão da disciplina de Matemática do currículo de sua escola. Seria possível que, mesmo dando abertura ao diálogo com os

demais atores da escola, estivessem, de fato, decididos: não desejam mais ter aulas de Matemática.

Uma vez que a escola aceita uma decisão como essa, tomada pelo coletivo de alunos, estaria sendo democrática ou homologando a negação do acesso dos alunos a um determinado tipo de conhecimento? Se, ao invés disso, a escola achar a decisão do grupo absurda e não acatá-la, poderia se considerar que os gestores da escola estariam dando um "golpe de poder" na democracia instaurada?

O segundo problema relacionado ao conceito de democracia é chamado, nesta tese, de o "Paradoxo da Modelagem Crítica" e mostra que, sem que haja uma competência para a democracia⁶⁰ desenvolvida entre os sujeitos escolares, não é possível afirmar que trabalhos de Modelagem Crítica possam ser sempre desenvolvidos na escola.

Aqui, o que nos interessa é a escolha de temas para o trabalho com Modelagem. Conforme já citado, quando se trata da Modelagem Crítica, os alunos participam decisivamente na escolha do tema que discutirão (SILVA E KATO, 2012). Skovsmose (2001) especifica como primeiro ponto-chave da Educação Crítica o envolvimento e participação dos estudantes no controle do processo educacional. O autor enumera dois motivos pelos quais uma competência crítica é atribuída aos estudantes:

primeiro, por razões de *fato*, uma vez que os estudantes, embora suas experiências sejam falhas, fragmentárias etc., também têm uma experiência geral, que, no diálogo com o professor, permite-lhes identificar assuntos relevantes para o processo educacional; relevantes tanto em relação aos interesses imediatos dos estudantes quanto em relação à perspectiva geral do processo educacional. Em segundo lugar, por razões de *princípio*, o de que, se uma educação

⁶⁰ Mais adiante, esclarecemos que a competência para a democracia, seria a competência para construir uma função social para a escola, bem como para a disciplina matemática. Essa competência estaria fundada em alguns valores, os quais, baseados em Puig et al. (2000), podem ser descritos como: aqueles vinculados à liberdade, autonomia ao desenvolvimento do espírito crítico, da iniciativa e da responsabilidade; ao mesmo tempo, em valores como a cooperação, a solidariedade, o espírito de grupo e a tolerância. Por fim, valores procedimentais tais como o diálogo e a autorregulação.

pretende desenvolver uma competência crítica, tal competência não pode ser imposta aos estudantes, deve, sim, ser desenvolvida com base na capacidade já existente (SKOVSMOSE, 2001, P. 18).

O mesmo autor afirma que outro ponto-chave na Educação Crítica tem a ver com o "direcionamento do processo de ensino-aprendizagem a problemas" (2001, p. 19), especialmente aqueles existentes fora do universo escolar. Para o autor,

o problema deve ser concebido como relevante na perspectiva dos estudantes, deve ser possível enquadrar e definir o problema em termos próximos das experiências e do quadro teórico dos estudantes. E o Objetivo: o problema deve ter uma relação próxima com problemas sociais objetivamente existentes (SKOVSMOSE, 2001, p. 19-20, grifo nosso).

Diante das considerações de Silva e Kato (2012) sobre a Modelagem Sociocrítica e de Skovsmose (2001), em relação à Educação Crítica, surge a questão geradora do "paradoxo da Modelagem Crítica"⁶¹: como será possível desenvolver um trabalho de Modelagem Crítica, levando em consideração a relevância do problema para os estudantes, se, por exemplo, esses estudantes escolherem um tema que não tem relação próxima com problemas sociais objetivamente existentes, como os instrumentos musicais usados pelos músicos no *Rock in Rio*?

Para Skovsmose (2001), "se queremos desenvolver uma atitude democrática por meio da educação, a educação como relação social não deve conter aspectos fundamentalmente não-democráticos" (p. 18). O autor ainda enfatiza que não cabe ao professor ter um papel decisivo e prescritivo. Dessa forma, uma vez escolhido o tema anterior para a atividade de matemática, o que fazer?

⁶¹ O "paradoxo da Modelagem Crítica" foi descrito por nós anteriormente como: a abertura para uma eleição democrática de temas para estudo seria uma aula de democracia, porém a criticidade não estaria garantida. Por outro lado, a indução do professor à escolha de um tema socialmente relevante poderia resultar em um avanço em direção a um entendimento crítico da situação, mas não garantiria os princípios democráticos em sala de aula.

Skovsmose (2001), no mesmo livro⁶², apresenta uma situação em que fica (pelo menos no nosso entendimento), evidente a complexidade da escolha de temas para atividades (de Modelagem) no campo da Educação Matemática Crítica. O autor apresenta um exemplo em que ele e outro professor, Henning Bødtkjer, desenvolvem um projeto chamado "Auxílio para família em uma microssociedade".

Embora em nenhum momento o autor tenha afirmado que o trabalho era uma atividade de Modelagem (mesmo que tenha citado a expressão "processo de modelagem Matemática" no mesmo texto), ele pode ser considerado como uma atividade de Modelagem Crítica, pois se utilizou a Matemática como ferramenta para organizar uma pequena parte da realidade social.

A tarefa dos alunos foi "distribuir uma certa quantia de dinheiro como benefício às crianças" (SKOVSMOSE, 2001, p. 104). Segundo o texto, esse "auxílio para crianças na Dinamarca é um pagamento regular do governo e das prefeituras para famílias com crianças", portanto algo situado na realidade dos alunos (SKOVSMOSE, 2001, p. 104).

Em seguida, Skovsmose (2001) afirma que vai resumir o projeto em oito unidades e, ao começar a explicar, na primeira unidade, como se iniciaram os trabalhos, afirma que "as ideias gerais do benefício às crianças e do auxílio financeiro para famílias foram discutidas" (p. 105). Na página anterior, o autor afirma: "Decidimos, entretanto, falar sobre "auxílio para famílias" para tornar o problema mais complexo" (2001, p. 104). Por fim, em outro capítulo, os autores Borba e Skovsmose (2001) se referem a essa atividade afirmando que "foi dada a alunos de uma escola secundária a tarefa de projetar uma maneira de distribuir assistência financeira a famílias em uma pequena comunidade" (p. 147). Essas três passagens parecem nos indicar que a escolha do tema para as atividades foi feita pelos professores e não pelos alunos. Os autores falam que as ideias gerais da distribuição do benefício foram objetos de discussão no grupo, mas em momento algum afirmam que os alunos foram consultados para decidirem se gostariam de trabalhar com esse tema.

É evidente que os professores propositores da atividade tinham uma intenção com esse trabalho, mas o projeto foi utilizado para "apontar alguns possíveis significados da educação matemática crítica"

⁶² É importante salientar que, embora o livro seja o mesmo, é composto de textos não necessariamente escritos no mesmo momento.

(SKOVSMOSE, 2001, p. 105). Em outras palavras, o projeto é compreendido pelos autores como embasado na educação matemática crítica. Parece-nos que a parte em que os alunos escolhem um tema relevante (também) em relação aos seus interesses imediatos, ou não foi descrita no texto, ou não existiu.

Esse exemplo apresentado pelo autor reforça o paradoxo da Modelagem Crítica, que parece se opor à ideia de "escola democrática" e "Modelagem Crítica". Nesse sentido, Puig et al. (2000) afirmam: "para instituições não serve o qualificativo de *democráticas*, pois não são horizontais nem igualitárias" (p. 26). Para os autores, embora a democracia seja um conceito útil para definir a organização política da sociedade, é inadequada para caracterizar instituições como família, escola e hospitais. Para eles, isso se deve ao fato de que nessas instituições atuam agentes sociais com *status* e interesses bem diferentes. Para Puig et al. (2000), "Essas instituições foram pensadas para satisfazer algumas necessidades humanas que, de maneira inevitável, implicam a ação de sujeitos com capacidade, papéis e responsabilidades muito diferentes" (p. 25). Nesse sentido, professores teriam um papel assimétrico em relação aos alunos.

A fala desses autores se opõe à afirmação encontrada em P4, segundo a qual, a educação crítica se insere e se desenvolve num contexto caracterizado por posturas democráticas nas salas de aula que garantam, dentre outras coisas, a ausência de estruturas de poder.

Para Foucault⁶³ (2002, 2012) não seria possível a "ausência de estruturas de poder", já que nos deixou grande contribuição sobre as relações de poder e como elas produzem saberes. Em torno de sua genealogia do poder, podemos nos remeter à escola, à sala de aula, às relações entre professor e aluno, ao currículo e ao extramuros. Enfim, são inúmeras as possibilidades de análises que podemos realizar a partir de suas teorizações. Aqui focaremos em suas análises em torno do poder como algo relacional, numa perspectiva microfísica, como algo que se exerce, na relação com o saber, um poder capilar, pois penetra nas

⁶³ Salientamos que, embora tenhamos utilizado uma ferramenta foucaultiana no desenvolvimento da teorização, o pesquisador não é assumido como um dos principais referenciais nesta tese, não aparecendo em outras discussões em que apresentaria contribuições e possibilidades diferentes daquelas pelas quais optamos.

instituições⁶⁴, produzindo o poder disciplinar, o poder da norma e o biopoder.

Segundo Gallo (2004), Foucault cria uma concepção microfísica de poder, tencionando a concepção clássica pensada pelo campo da filosofia política, à qual compreende como topológica e macroscópica, ou seja, o poder é centrado em um lugar ou pessoa, e se caracteriza por uma relação de ativo (quem exerce o poder ou lugar onde existe o poder) e passivo (quem sofre a ação do poder passivamente). É necessário distanciamento para compreensão do fenômeno do poder. Insatisfeito com tal perspectiva, Foucault propõe outro ângulo de visão, a partir de uma análise microfísica; assim o poder não é algo fixado em uma pessoa ou lugar, mas está disseminado por toda sociedade, em todas as relações.

O poder deve ser analisado como algo que circula, ou melhor, como algo que só funciona em cadeia. Nunca está localizado aqui ou ali, nunca está nas mãos de alguns, nunca é apropriado como uma riqueza ou um bem. O poder funciona e se exerce em rede. Nas suas malhas os indivíduos não só circulam, mas estão sempre em posição de exercer este poder e de sofrer a sua ação; nunca são o alvo inerte ou consentido do poder, são sempre centros de transmissão. Em outros termos, o poder não se aplica aos indivíduos, passa por eles (FOUCAULT apud GALLO 2004, p. 88).

Fica evidente, com Foucault, que o poder é algo que todo indivíduo exerce e sofre a partir dos diferentes lugares. Há, portanto, uma complexidade que questiona os binarismos entre o dominador e dominado, por exemplo, pois se o poder circula e passa por todos, seria simplista fixar sua força em um dos pólos. Outra questão fundamental é que se há poder há resistência, sendo que ela não é externa ao poder, mas produz sua existência naquilo que o autor chamou de contrapoderes:

em toda rede de poder, assim como há nós de poder, também há nós de resistência, distribuídos

⁶⁴Foucault (2012) chama de *instituições de sequestro*: a prisão, a escola, o quartel, o asilo, o hospital; nelas ocorre o disciplinamento o que cria os corpos dóceis.

de forma irregular, variando sua densidade no tempo e no espaço. É essa distribuição que faz com que, em determinados momentos presenciamos o levante de grupos e indivíduos contra certas estruturas de poder (GALLO, 2004, p. 90).

Então, nos questionamos a partir de Foucault, sem a pretensão de responder neste trabalho: como seria idealizar a escola e a sala de aula a partir de micropoderes ou da microfísica do poder? Que tensões isso provocaria para a escola contemporânea? Em que medida tal perspectiva interessa à escola, ao professor, ao aluno ou aos gestores? Pode ser a escola um espaço de exercício e aprendizagem dos contrapoderes? Como na escolha e desenvolvimento dos temas, no trabalho com Modelagem, pode se caracterizar ou não uma perspectiva microfísica de poder? Como os temas escolhidos podem contribuir para potencializar a relação saber, poder e verdade? Que discursos estão envolvidos na trama e na complexidade do trabalho com temas? Ou que novos discursos podem ser criados a partir dos trabalhos com temas? Como o trabalho com temas pode dar visibilidade ao que foge à norma? Em que medida o olhar sobre o tema possibilita outros ângulos de pensar e experimentar as relações de poder num trabalho com Modelagem? O que permite o olhar no trabalho com temas em Modelagem, e o que ele consegue enxergar?

Por outro lado, Puig et al. (2000) afirmam que a escola deve pensar fórmulas que apresentem possibilidades para uma boa combinação entre o cumprimento da função específica de um ator, que provavelmente será assimétrica em relação a outro ator, com outro *status*, e o respeito aos direitos de todos os atores como cidadãos. Dessa forma, essa instituição seria democrática quando conseguisse promover um bom equilíbrio no jogo da assimetria funcional e da simetria democrática (PUIG et al., 2000).

Mais adiante, esses autores afirmam que "a escola também pode ser qualificada de democrática, na medida em que prepara o alunado para viver em uma sociedade democrática" (PUIG et al., 2000, p. 26-27).

Concordamos com esses autores, quando consideram que a escola não é uma instituição democrática. De fato, ela não é e não pode ser. O fato, porém, de que a escola deve preparar o alunado para viver em uma sociedade democrática não é suficiente para qualificá-la de democrática, segundo nosso ponto de vista. Para nós, a escola pode possibilitar a

vivência da cidadania contribuindo para uma sociedade democrática. Assim, ela se qualifica como um espaço de democratização, ou seja, local em que se busca formar indivíduos possuidores de uma competência para a vida em democracia.

A competência para a democracia, segundo o que pensamos, seria a competência para construir uma função social para a escola, bem como para a disciplina Matemática. Essa competência para a democracia estaria fundada em alguns valores, que, baseados em Puig et al. (2000), podem ser descritos como: aqueles vinculados à liberdade, autonomia ao desenvolvimento do espírito crítico, da iniciativa e da responsabilidade; ao mesmo tempo, em valores como a cooperação, a solidariedade, o espírito de grupo e a tolerância. Por fim, valores procedimentais tais como o diálogo e a autorregulação.

Dessa forma, se a escola é um espaço de democratização que valoriza o desenvolvimento dos valores apresentados anteriormente, a escolha de temas para o trabalho com Modelagem (seja na perspectiva Crítica ou na perspectiva CTS) não deve ser problemática. Esse modelo de escola elimina, portanto, o paradoxo da Modelagem Crítica, pois o espírito crítico, o senso de responsabilidade, além da capacidade de se autorregular devem agir como barreiras imediatas à escolha de temas que não elucidem contradições e complexidades sociais.

Portanto, idealizar Modelagem na perspectiva CTS implica pensar em uma escola democratizadora, que valorize o desenvolvimento da competência para a democracia em seus alunos. Isso possibilita que, ao se depararem com diversas possibilidades para discutir elementos da realidade, os alunos se sintam atraídos por escolher aqueles ligados às contradições e complexidades sociais do seu entorno. Daí em diante, resta ao grupo investigar e compreender como Ciência e Tecnologia se enquadram e se relacionam a tais contradições e complexidades.

A partir das explanações anteriores, podemos sintetizar a proposta da escolha de temas para a atividade de Modelagem na perspectiva CTS segundo duas situações já citadas: a situação realística e a situação desejada. Passamos tratar cada caso a seguir⁶⁵.

⁶⁵ Essas duas situações estão relacionadas à organização da escola em torno de um currículo pré-estruturado ou não. P6 também apresentou essa discussão. O autor questiona: "Qual o papel do tema na configuração curricular? Em outras palavras: os conteúdos disciplinares em função do tema, ou o tema em função de conteúdos disciplinares? No primeiro caso, no processo de configuração curricular, definido o tema, surge a pergunta: que conteúdos disciplinares, que

Na situação realística:

Na situação realística, conforme apresentado no capítulo anterior, o professor se vê diante da organização rígida da escola e do sistema que impõem a ele a necessidade de cumprir um currículo pré-determinado. Nessa situação, o professor têm algumas opções. Focaremos duas delas com objetivo de apontar problematizações.

A primeira seria continuar atuando da forma como, há dezenas de anos, professores de Matemática vêm atuando, ou seja, ensinando conteúdos matemáticos constantes de listagens de conteúdos mínimos para cada nível escolar, como uma educação tradicional⁶⁶. Apresenta-se determinado conteúdo no quadro, fazem-se explicações e, em seguida, aplicam-se listas de exercícios para que os alunos desenvolvam atividades que auxiliem na fixação de tais conteúdos.

Em um estudo anterior⁶⁷, em que objetivamos descrever e analisar os obstáculos e resistências de professores e futuros professores egressos de cursos de formação, em desenvolver atividades relacionadas à Modelagem na Educação Matemática nas suas práticas docentes, conforme relatados em dissertações e teses pesquisadas, apresentamos uma listagem de obstáculos e resistências que professores inseridos na situação realística costumam alegar como motivo para não desenvolverem atividades de Modelagem em suas classes. Eis um demonstrativo desses obstáculos e resistências:

conhecimentos são necessários para a compreensão do tema? Não há um currículo definido a priori em instâncias externas à comunidade escolar. No segundo caso, ou seja, o tema em função do conteúdo, tem-se um currículo estabelecido anteriormente à definição do tema." (p. 05).

⁶⁶ Segundo Mizukami (1985), na abordagem educacional tradicional, a prática educativa do professor independe do interesse dos alunos, tendo, a disciplina ministrada, a prioridade na abordagem. Com isso o ensino tradicional tem como objeto o conhecimento, e o aluno é entendido como o depositário desse conhecimento. Para a autora o ensino envolve programas minuciosos, rígidos e coercitivos.

⁶⁷ Silveira e Caldeira (2012).

OBSTÁCULOS E RESISTÊNCIAS EM APLICAÇÕES COM MODELAGEM MATEMÁTICA	
CATEGORIAS	OBSTÁCULOS E RESITÊNCIAS
<i>Professor e suas relações com o trabalho</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Maior exigência do professor na preparação e no momento da aula (ROMA, 2002; JACOBINI, 2004; DIAS, 2005). • Insegurança diante do novo (BURAK, 1987, 1992; GAZZETTA, 1989; ANASTÁCIO, 1990; GAVANSKI, 1995; CALDEIRA, 1998; BARBOSA, 2001; DIAS, 2005) • O não acompanhamento de um profissional que tenha maior experiência e domínio sobre a Modelagem Matemática (BURAK, 1992). • Grande quantidade de alunos por turma (ANASTÁCIO, 1990; BARBOSA, 2001).
<i>Professor e suas relações com a escola</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de colaboração da parte administrativa da escola (ANASTÁCIO, 1990; BURAK, 1992; MARTINELLO, 1994; BARBOSA, 2001; ROMA, 2002) • Estrutura da escola (BARBOSA, 2001). • Objetivos diferentes dos objetivos da instituição (ROMA, 2002; FIDELIS, 2005).
<i>Professor e suas relações com o currículo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Preocupação em cumprir o conteúdo (BURAK, 1987; ANASTÁCIO, 1990; 1992; MARTINELLO, 1994; LUZ, 2003; DIAS, 2005; FIDELIS, 2005). • Preocupação com a sequência dos conteúdos diferente da “sequência lógica” (MARTINELLO, 1994). • Falta de tempo ou preocupação com gasto

	<p>excessivo (BARBOSA, 2001; ROMA, 2002; DIAS, 2005; FIDELIS, 2005).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preocupação acerca do processo de construção do conhecimento (LUZ, 2003; ANASTÁCIO, 1990).
<i>Alunos e suas relações com a Modelagem</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Reação dos alunos (BARBOSA, 2001). • Indisposição e cansaço por parte dos alunos do noturno em desenvolver as atividades (ROMA, 2002). • Os alunos não gostam desse novo método (ROMA, 2002).
<i>Professor e suas relações com a família dos alunos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Preocupação com a reação dos pais (BURAK, 1992; CALDEIRA, 1998; BARBOSA, 2001). • Ausência de colaboração dos pais (ANASTÁCIO, 1990; BURAK, 1992; MARTINELLO, 1994; BARBOSA, 2001; ROMA, 2002).

QUADRO 8 - Fonte: Silveira e Caldeira (2012, p. 262)

É possível perceber que são muitos elementos, mesmo que existentes apenas no imaginário do professor, que atravancam o rompimento do modelo tradicional de trabalho. Tais resistências e obstáculos se apresentam como percalços para o desenvolvimento de atividades que alteram a direção das costumeiras aulas de Matemática. A listagem não só entrincheira o ensino e aprendizagem de Matemática em situações realísticas, como também em relação à manutenção de práticas baseadas em tradições.

A segunda opção de atuação do professor na situação realística implica o enfrentamento dos obstáculos e posturas de resistências elencados na tabela anterior. Nessa opção, o professor propõe atividades diferenciadas, dentre elas, de Modelagem. As atividades de Modelagem aqui aludidas são as que utilizam temas provenientes do campo de relações CTS.

Ao projetar seu curso, o professor deve salientar em que momentos proporá as atividades de Modelagem, já que irá inserir tais

atividades no decorrer do curso e terá que contemplar determinados conteúdos, durante as atividades, para que não tenha comprometida a listagem de conteúdos mínimos a cumprir nos diferentes anos de ensino da Educação Básica. Dado esse planejamento, o professor poderá dialogar com os alunos no sentido de explicar a eles que em alguns momentos do ano letivo ele deverá trabalhar de forma diferente do convencional, propondo algumas atividades em que os alunos utilizarão conhecimentos matemáticos para auxiliar na problematização e compreensão de situações oriundas do seu dia-a-dia. Esse é o momento em que o professor constrói o contrato didático⁶⁸ o grupo, e abre possibilidades para outras práticas, na contramão do que é esperado, estabelecido e instituído pelo currículo obrigatório e, muitas vezes pela própria organização da escola a partir de sua proposta pedagógica em que professores são cobrados e vigiados em torno de seus saberes e fazeres.

O professor poderá acompanhar reportagens nos vários canais de mídia⁶⁹, possibilitando, dessa forma, localizar e selecionar conteúdos do dia-a-dia que se adéquem às problemáticas CTS. Essas reportagens podem ser apresentadas aos alunos por meio de *links*, recortes ou impressões, de forma que assuntos relacionados se tornem comuns aos seus alunos, inclusive nas aulas de Matemática. Para tal, o professor pode utilizar os cinco ou dez primeiros minutos de suas aulas na semana para falar rapidamente acerca dos fatos e reportagens aventados por ele. Posteriormente, isso servirá para envolver os alunos (alguns mais, outros menos) nos assuntos que interessam às atividades de Modelagem. A apresentação de diferentes pontos de vista sobre o assunto se mostra importante, pois segundo P2, "os meios de comunicação têm tido um papel significativo enquanto formadores de opinião, especialmente sobre

68 Para Brousseau (1980) o contrato didático pode ser entendido como o conjunto de comportamentos do professor que são esperados pelos alunos e o conjunto de comportamentos dos alunos que são esperados pelo professor. O pensador ainda afirma que tal contrato é o conjunto de regras, cuja maior parte é implícita, que determinam o que cada parceiro da relação didática, ou seja, professor e alunos, deverá gerir e aquilo que, de uma maneira ou de outra, ele terá que prestar conta perante o outro.

69 Telejornais, jornais físicos, jornais digitais na *Internet*, blogs independentes etc. Como há uma preferência pelo trabalho com temas locais, responsáveis pelas situações a serem discutidas também podem ser entrevistados ou questionados.

as interações entre ciência, tecnologia e sociedade" (p. 10). Isso pode significar que os pontos de vista apresentados nas reportagens escondem interesses, seja do site, jornal, do próprio jornalista, de empresas, corporações ou órgãos governamentais. Além dos diferentes pontos de vista acessados, ao trabalhar com temas locais, sempre há a possibilidade de fazer uma visita ao local, levantando informações consonantes ou não com aquelas apresentadas anteriormente na mídia.

O professor ainda pode pedir que os próprios alunos se tornem comprometidos na busca por esse tipo de reportagem, desenvolvendo, com isso, a curiosidade, o senso de investigação e a responsabilidade. Dessa forma, além de encontrar alguns parceiros na sua tarefa de pesquisa, auxiliará no desenvolvimento do interesse dos alunos pelos assuntos a serem explorados nas atividades. Aqui, a noção de currículo é ampliada e/ou complexificada, pois apesar de ser guiado pelos conteúdos estabelecidos, o professor pode questionar o que lhe é instituído, por que determinados conhecimentos e práticas são privilegiados. (rever toda a frase!)

Segundo Silva (2004, o que os alunos devem saber relaciona-se com o que eles devem ser na sociedade. Assim, ao idealizarmos o currículo, pensamos a identidade, pois ao tratar de conhecimento, o currículo produz aquilo que somos e o que nos tornamos, pois, além de uma questão de conhecimento, o currículo produz identidade. Nesse sentido se pergunta pelo "porquê" de determinados conteúdos e não outros, pelas formas de transmissões desses conteúdos, por que um determinado tipo de identidade interessa mais do que outros, etc. Nessa perspectiva, há implicações da questão de poder, na medida em que selecionar, privilegiar, destacar determinados conhecimentos e identidades se configuram como operações de poder⁷⁰.

Uma das atividades que os alunos podem se permitir é tentar relacionar os temas das reportagens com elementos ligados à Ciência e Tecnologia. Isso resultará em novos olhares, questionamentos, descobertas e aprendizagens na localização e compreensão das relações existentes entre a questão problemática apresentada na mídia e o empreendimento científico e tecnológico.

⁷⁰ Essa abordagem é realizada pela perspectiva pós-estruturalista, sobretudo a partir dos estudos do filósofo Michel Foucault, possível de ser aprofundada no livro de Silva (2004).

Quando chegar o momento em que o professor atuante na situação realística lançar uma atividade de Modelagem, ele proporá aos alunos que escolham uma temática para essa atividade dentre todas as pesquisas e investigações que realizaram até aquele momento. Podemos perceber que o professor abre a possibilidade de escolha do tema para os alunos e direciona para questões complexas que já foram aventadas em sala de aula em momentos anteriores. Há a restrição para evitar que alguns decidam estudar os instrumentos musicais usados no *Rock in Rio*? Sim, mas ocorre também uma ação indireta que auxilia no desenvolvimento da competência para a democracia, pois, a escolha de um tema CTS, e não de um tema qualquer, traz à tona a noção de responsabilidade individual e coletiva, pensando no bem coletivo, em relação à temática. É possível, e é nisso que acreditamos, que a cada tema CTS escolhido para uma atividade, maior será o envolvimento dos alunos em direção ao desenvolvimento da competência para a democracia. Com isso, é possível fortalecer o comprometimento dos alunos com outras escolhas de temas para novos trabalhos, priorizando aqueles que apresentarem problemas, não apenas para o Planeta, mas especialmente para a comunidade local.

Na situação desejada:

Na situação desejada (também apresentada no capítulo anterior), o professor deixa de ser apenas um consumidor de currículos pré-feitos e assume a posição de produtor de currículos, pois deverá auxiliar na elaboração do currículo a ser seguido na escola. Dessa forma, os trabalhos com a disciplina Matemática, passam a se desenvolver segundo a decisão de professores locais, e todos os conteúdos são desenvolvidos a partir de atividades de Modelagem, que podem durar semanas e até meses.

Na situação desejada, a escola se torna um ambiente de pesquisa, um local em que os alunos, utilizando os mais diversos tipos de materiais, tanto físicos quanto digitais, inclusive por meio de acesso à *Internet*, buscam informações acerca de questões CTS, selecionando aquelas que mais interessarem, passando a pesquisar tais assuntos mais profundamente. Os assuntos preferidos dos alunos serão utilizados como temas para o desenvolvimento dos trabalhos de Modelagem. Os alunos, em grupos de dois ou mais componentes, passarão quantas aulas forem

necessárias estudando e pesquisando determinada situação, utilizando a Matemática até que sejam capazes de expressar resultados embasados também em conhecimentos matemáticos, acerca dessa compreensão. Além disso, expressarão críticas aos resultados, matemáticos ou não, propondo as mais diversas interpretações acerca desses resultados e se afastando da Ideologia da Certeza Matemática.

Nesse caso, o professor pode auxiliar na elaboração de questões problemas a serem respondidas durante as investigações, direcionando o trabalho para que demande a compreensão de um ou outro conteúdo matemático, segundo aquilo que o professor tiver planejado. Embora o professor tenha uma intenção e tente elaborar as atividades direcionadas para essa intenção, ele não se comporta de forma rígida, apresentando sempre a flexibilidade necessária para aceitar novos rumos que interessem a um ou outro grupo.

Na situação desejada, os trabalhos se aproximam um pouco mais de um ambiente democrático. O desenrolar dos trabalhos, os posicionamentos dos alunos, o surgimento de discussões, certamente auxiliarão no desenvolvimento da competência democrática nos alunos e, dessa forma, a escola será um ambiente de democratização.

É importante salientar que, seja atividade de Modelagem na perspectiva CTS desenvolvida no âmbito da situação realística ou da situação desejada, o tema tem importância crucial para o trabalho, e sua problematização não é deixada de lado em momento algum. Mesmo quando o professor precisa ir ao quadro para explicar determinado conteúdo matemático necessário, a própria exemplificação do professor no momento da explanação deve estar focada no tema em discussão. Os alunos, necessariamente, estarão voltando o tempo todo à problemática de origem das atividades, utilizando os conhecimentos, tanto matemáticos quanto aqueles sobre a problemática, desenvolvidos durante o processo, para melhor compreenderem as relações CTS envolvidas no tema. A atividade deve partir de um tema e nele se finalizar, e os resultados matemáticos alcançados devem possibilitar o aumento da compreensão dos alunos sobre o tema estudado.

Acreditamos que a perspectiva de Modelagem, discutida neste texto, tem como grande diferencial, não apenas a natureza dos temas a serem estudados, mas também a forma como são tratados. Para nós, é primordial que os alunos vivam *experiências*, conforme defendido por Larrosa (2002), com os temas em discussão. Para o autor, a *experiência* é considerada como aquilo que nos passa, que nos acontece, que nos

toca, sendo o sujeito da experiência aquele que possui uma superfície sensível, capaz de se importar com os acontecimentos, permitindo que fiquem marcas, vestígios e efeitos. Pode-se dizer que o sujeito da experiência é um espaço com aberturas para os acontecimentos, destacando-se por sua receptividade, disponibilidade, território de passagem e de afetos. É incapaz da experiência aquele a quem nada lhe passa, acontece, toque, chegue, afete, ameace, tencione, a quem nada ocorra.

O sujeito da experiência é um sujeito alcançado, tombado, derrubado. Não um sujeito que permanece sempre em pé, ereto, erguido e seguro de si mesmo. Não um sujeito que alcança aquilo que se propõe ou que se apodera daquilo que quer; não um sujeito definido por seus sucessos ou por seus poderes, mas um sujeito que perde seus poderes precisamente porque aquilo de que faz experiência dele se apodera. Em contrapartida, o sujeito da experiência é também um sujeito sofredor, padecente, receptivo, aceitante, interpelado, submetido. Seu contrário, o sujeito incapaz da experiência, seria um sujeito firme, forte, impávido, inatingível, erguido, anestesiado, apático, auto determinado, definido por seu saber, por seu poder e por sua vontade (LARROSA, 2002, p. 25).

Para o autor, na experiência é possível a transformação, pois o que nos passa e acontece nos transforma. É um sujeito que se ex-põe, aberto ao risco, à vulnerabilidade e ao perigo. Num gesto ininterrupto, a experiência requer lentidão no pensar, escutar, olhar, sentir, demorar-se nos detalhes. Requer capacidade de suspender opiniões, juízos, automatismo da ação. Propõe “cultivar a atenção e a delicadeza, abrir os olhos e os ouvidos, falar sobre o que nos acontece, aprender a lentidão, escutar aos outros, cultivar a arte do encontro, calar muito, ter paciência e dar-se tempo e espaço (LARROSA, 2002, p. 19)”.

Silveira e Botega (2013), inspirados em Larrosa (2002), salientam que o saber da experiência tenciona o conhecimento como visão utilitarista, desconfia da Ciência e Tecnologia como centro do conhecimento, como algo universal, impessoal, objetivo, neutro, como mercadoria a ser negociada, como fora de nós. Por isso, sugerem a relação entre conhecimento e vida humana, num movimento em que

seria possível abrir espaço para pensar como, ao longo da vida, vamos elaborando sentido ao que somos, e o que nos acontece tem a ver com o modo como nos colocamos diante de nós mesmos, do outro e do mundo de que maneira agimos em relação a tudo isso. O saber da experiência se caracteriza como subjetivo, contingencial, particular, concreto e o acontecimento pode ser comum para um grupo, mas a experiência é para cada um singular e impossível de ser repetida.

Para os autores, o saber da experiência possibilita, a partir da perspectiva de Modelagem aqui discutida, que os temas trabalhados toquem, aconteçam, passem e sensibilizem os sujeitos envolvidos, potencializando seus conhecimentos e o envolvimento com questões que problematizem as contradições e complexidades da vida. A experiência é aqui pensada como algo singular para cada um, pela potência como cada um é afetado e tocado pelos temas.

A decisão de propor a escolha e o trabalho com os temas já elucida algumas diferenças entre a Modelagem na perspectiva CTS e a Modelagem Crítica. Outros elementos também são considerados, de forma que outras diferenças vão se fazendo mais claras e, dessa forma, confusões vão se desfazendo. Para facilitar essa diferenciação, apresentamos um quadro que trata de algumas características de cada abordagem de Modelagem pondo-as em comparação.

O Quadro 9 traz uma comparação quanto à organização dos alunos no momento das atividades de Modelagem.

QUANTO À ORGANIZAÇÃO DOS ALUNOS PARA O TRABALHO	
Modelagem Sociocrítica	Modelagem CTS
Em grupos (não há determinação dos tamanhos desses grupos que podem, inclusive, abranger toda a turma e incluir o professor).	São propostos trabalhos em grupos, cujos tamanhos dependerão das possibilidades que o professor dispor. Mesmo que o tema seja o mesmo para toda a turma, ainda assim serão formados vários grupos, privilegiando a elaboração de diferentes problemáticas e produção de diferentes pontos de vista sobre o tema.

QUADRO 9

No Quadro 10, comparam-se elementos relacionados à escolha de temas para as atividades.

QUANTO À ESCOLHA DE TEMAS	
Modelagem Sociocrítica	Modelagem CTS
Os alunos possuem participação decisiva na escolha do tema para o trabalho. Aspectos culturais dos alunos e da comunidade são levados em consideração, bem como seu interesse por um ou outro tema. Segundo esse estudo, a liberdade de escolha dos temas pelos alunos pode colocar a atividade em rota de colisão com o " <i>paradoxo da Modelagem Crítica</i> ".	Os temas são escolhidos pelos alunos a partir de uma pré-escolha ou apresentação feita pelo professor com a colaboração da turma. Objetiva-se evitar " <i>os problemas em relação à democracia</i> ", causadores do " <i>paradoxo da Modelagem Crítica</i> ", já apresentados anteriormente. Há um pano de fundo: a perspectiva CTS. Os temas devem ser relevantes para o estudo de questões problemáticas emergentes nas relações CTS.

QUADRO 10

Quanto à participação dos professores, apresentamos um comparativo no Quadro 11.

QUANTO À PARTICIPAÇÃO DO PROFESSOR	
Modelagem Sociocrítica	Modelagem CTS
Oportuniza aos alunos o trabalho em conjunto, estimulando a exposição de ideias e argumentos, fazendo da sala de aula um espaço democrático, em que a todos são dadas condições iguais de trabalho. Atua como mediador da atividade, auxiliando na escolha do problema a ser	O professor é o gestor do trabalho. Ele apresenta, desde os primeiros dias de aulas, elementos relacionados às questões CTS emergentes no dia-a-dia da comunidade local, nacional ou mundial, dependendo do potencial de impacto para a comunidade em que a escola está inserida. Também incentiva os alunos que, além de se dedicarem e

<p>estudado e levando em conta a cultura de seus alunos, o que implica em considerar seus interesses e seus conhecimentos (matemáticos ou não). Estimula a discussão do problema para fora do ambiente da sala de aula, por meio das implicações decorrentes do modelo estudado na sociedade. (SILVA e KATO, 2012).</p>	<p>se envolverem nas discussões ligadas às questões CTS, igualmente se dediquem a buscar e propor elementos que subsidiem essas discussões. Atuará também como incentivador e auxiliador dos alunos, nas tomadas de decisão em relação às construções de problemáticas relacionadas aos temas escolhidos. A partir dessa motivação e incentivo, espera-se que os alunos não aceitem passivamente as soluções propostas pelos colegas, mas discutam, comparem, validem ou não e cheguem a acordos, respeitando a posição dos colegas. Cabe ao professor apresentar aos alunos os conceitos matemáticos necessários para a compreensão do problema e, quando for o caso, para a elaboração do modelo.</p>
---	---

QUADRO 11

O Quadro 12 apresenta os elementos que estariam na base e que funcionariam como "causas" motivadoras para a atividade da Modelagem.

QUANTO AOS ASPECTOS CAUSAIS	
Modelagem Sociocrítica	Modelagem CTS
<p>As causas que motivam os trabalhos de Modelagem na perspectiva da EMC estão ligadas às contradições sociais.</p>	<p>As causas que motivam os trabalhos de Modelagem nessa perspectiva são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A ideologia da certeza como subsidiadora do discurso matemático, científico e tecnológico; • A Matemática e as Ciências Naturais vistas como verdades absolutas; • A concepção de neutralidade dos

	<p>conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos;</p> <ul style="list-style-type: none"> • O mito do salvacionismo da humanidade pela ciência e tecnologia, englobando toda sorte de questões relacionadas ao meio ambiente; • A utilização de conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos com a função ideológica de dominação ou como meio de exploração social. • A necessidade de se pensarem práticas educacionais relacionadas à educação matemática, bem como o conhecimento matemático escolar, a partir do pressuposto de que todo ato educacional matemático (científico, tecnológico etc.) deve se constituir em reações às contradições e complexidades sociais.
--	---

QUADRO 12

O comparativo dos objetivos que justificam as atividades da Modelagem em cada uma das perspectivas é apresentado no Quadro 13.

QUANTO AOS OBJETIVOS DAS ATIVIDADES	
Modelagem Sociocrítica	Modelagem CTS
<ul style="list-style-type: none"> • Analisar e tomar decisões sobre a questão problemática estudada; • Combater a ideologia da certeza; • Envolver os estudantes em efetivas ações comunitárias; 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver conhecimentos e ações com vistas à tomada de decisão em assuntos relativos às interações CTS, ao aprendizado colaborativo/cooperativo, ao desenvolvimento do pensamento crítico e da independência intelectual, à responsabilidade social, ao exercício da cidadania, ao desenvolvimento político e social, à flexibilidade cognitiva, à justiça social e, por conseqüência, ao interesse em atuar em questões sociais. • Formar os indivíduos não apenas capazes de viver em uma sociedade

	<p>democrática, mas de atuar na construção e ampliação dessa democracia, aptos a questionarem o tipo de democracia que desejam.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver valores com vistas à defesa dos interesses coletivos, como os de solidariedade, a vida de grupo, de consciência do compromisso social, de reciprocidade, de respeito ao próximo e de generosidade. Uma consequência desse objetivo seria o questionamento à ordem capitalista, na qual os valores econômicos se impõem aos demais; Nesse movimento, a vivência e exigência dos direitos humanos se fortalecem. • Compreender e se posicionar ante as implicações sociais, políticas e éticas relacionadas ao uso da ciência e da tecnologia; • Desenvolver /construir /assimilar conhecimentos matemáticos e sobre a matemática, percebendo como esses conhecimentos são usados para formatar a realidade, como são importantes subsidiários do desenvolvimento científico e tecnológico e como estão integrados no nosso cotidiano. Isso exigiria outros modos de valorização e utilização da Matemática na articulação com outras ciências.
--	---

QUADRO 13

O Quadro 14 apresenta elementos acerca da forma como se espera que os alunos aprendam Matemática em atividades de Modelagem.

QUANTO À APRENDIZAGEM DO CONHECIMENTO MATEMÁTICO	
Modelagem Sociocrítica	Modelagem CTS
<p>Segundo P15, os alunos simplesmente se apoderam de conhecimentos matemáticos, entendidos como um conjunto de regras e convenções já estabelecidos pela cultura dominante. Assim, a Matemática da cultura escolar que deve ser ensinada pelos pressupostos da Modelagem Matemática deve também ser transmitida pelos professores. Não encontramos outras referências que concordem com esta, ou que comentem sobre a forma como alunos aprendem matemática em atividades de Modelagem Crítica.</p>	<p>Seguindo o princípio de que, como o conhecimento matemático é inventado, desenvolvido e se constitui de regras e convenções, não acreditamos no desenvolvimento desses conhecimentos sem que sejam ensinados aos alunos. Portanto, é aceitável que um ou outro aluno consiga desenvolver, motivado pela atividade de Modelagem, algum conhecimento matemático, mas pensamos que é papel do professor expor tais conhecimentos para que os alunos possam compreender e construir. Nesse sentido, as tecnologias da informação e comunicação, por exemplo, podem ser utilizadas para subsidiar a aprendizagem dos alunos.</p>

QUADRO 14

Na Modelagem na Perspectiva CTS, o professor atua como "provocador" da turma, no sentido de despertar nos alunos o interesse por elementos relacionados às questões CTS surgentes no dia-a-dia, especialmente aquelas com potencial de impacto para a comunidade local. Ele também é o responsável por incentivar aos alunos, para que não apenas discutam as questões CTS propostas, mas também se dediquem a buscar e propor elementos que subsidiem essas discussões.

O professor também é o responsável por organizar a turma para o trabalho, auxiliando na constituição dos grupos de alunos, nas discussões do tema dentro de cada grupo, bem como na elaboração das situações problemáticas a serem estudadas. Assim, sua tarefa é transitar entre as responsabilidades da função da docência (nesse caso evidencia-

se o fato de ser professor de Matemática) e autonomia dos alunos para escolherem temas, elaborarem situações problemáticas e se aprofundarem na compreensão de tais situações.

Durante as atividades, o professor deverá, em determinados momentos, intervir, por meio de exposição, ensinando ou recapitulando os conteúdos matemáticos escolares necessários ao desenvolvimento dos estudos. Ao considerar que a Matemática foi inventada, segundo algumas regras e convenções, conforme nos ensina Wittgenstein (1999), e que tem linguagem, regras e lógica própria, e que é ela que, após transposta didaticamente, compõe a chamada matemática escolar, não faz sentido esperar que todos os alunos "reinventem" determinados conhecimentos matemáticos. Esperar que alunos desenvolvam, a partir de alguns incentivos, conhecimentos matemáticos com os quais ainda não tiveram contato, seria assumir uma posição platonista em relação e esse conhecimento. Nossa posição, embora não em completa consonância⁷¹, encontra-se enraizada em P15 ao afirmar:

Concordamos que os estudantes envolvidos com matemática da cultura escolar e em contato com a Modelagem Matemática não constroem seu próprio conhecimento matemático quando necessitam de uma ferramenta matemática para compreender situações da sua própria realidade; eles simplesmente se apoderam de regras e convenções que já estão estabelecidas pela cultura dominante. Assim, a matemática da cultura escolar que deve ser ensinada pelos pressupostos da Modelagem Matemática deve também ser transmitida pelos professores, possibilitando aos estudantes a assimilação de uma maneira mais suave, dado que tais conhecimentos, construídos pelo homem, ganham significados pelos problemas provenientes da sua realidade. Ele usa essa matemática inventada por outros para compreender situações da sua própria realidade. (p. 45)

⁷¹ Para nós, quando o aluno se apodera de "regras e convenções" e quando aprende essas regras, dominando-as, ele construiu para si esse conhecimento. O que não concordamos é que ele simplesmente desenvolva ou construa o conhecimento a partir de estímulos externos, como, por exemplo, quando colocado diante de um problema matemático a ser resolvido.

Aqui é preciso ressaltar que, dependendo da situação, se realística ou desejada, a atividade do professor será relativamente diferente. Se em uma situação realística, o planejamento do professor já contempla os conteúdos a serem trabalhados em cada intervenção com a Modelagem, há também um tempo maior para que as informações relacionadas aos acontecimentos ligados à CTS circulem pela classe antes do momento principal, ou seja, aquele em que um tema será escolhido para o trabalho. É também mais claro para o professor que contribuições ele pode oferecer aos grupos para "direcionar" os trabalhos a determinados tipos de conteúdos (aqueles que o professor quer explorar durante a atividade). Essa atitude do professor tem a ver com a sua responsabilidade docente.

Se, por outro lado, o professor tem a possibilidade de desenvolver o curso no âmbito da situação desejada, há de se esperar aulas "caóticas", em que os alunos têm maior poder de decisão sobre os rumos a serem seguidos nos estudos do tema, e as necessidades matemáticas surgidas serão as mais diversas. Nessa situação, há também o fato de que não há um momento pré-determinado para que se desenvolva uma atividade de Modelagem. Em todas as aulas, os alunos estarão explorando questões CTS ligadas aos temas escolhidos, e novas demandas de conhecimentos matemáticos vão surgindo. A atividade do professor se torna mais particular, atendendo grupo a grupo, ao mesmo tempo em que pode ter de ensinar determinado conteúdo matemático para um grupo e outro tipo de conteúdo a outro. Nesse caso, o trabalho do professor também é dificultado, pois o seu controle sobre as atividades é menor, e as dúvidas emergentes podem apontar em diversas direções.

Em ambas as situações, porém, o professor motivará as discussões dos alunos dentro e fora dos grupos, de forma que não aceitem passivamente as soluções propostas pelos colegas, mas as discutam, comparem, validem ou não e cheguem a acordos, sempre respeitando as posições divergentes. O professor auxilia na formulação das argumentações e na elaboração de relatórios ou listagens de recomendações ao final das atividades.

Segundo P16, uma vez que o professor decidir trabalhar com uma vertente política de Modelagem, que tem na Modelagem na Perspectiva CTS uma forte representante, deverá estar ciente de que "enfrentará desafios que extrapolam o dia-a-dia de uma aula tradicional de matemática, composta geralmente de ações previsíveis e realizadas com

a única intenção de transmitir as informações intrínsecas ao conteúdo programático" (p. 140). Os trabalhos exigirão desse professor muito esforço e dedicação, que, segundo P16, tornaria, inclusive, esses trabalhos incompatíveis com uma agenda docente repleta de aulas.

Em se tratando dos alunos, diríamos que eles têm tarefa fundamental em qualquer proposta de trabalho com Modelagem. Nessa perspectiva, a participação e a responsabilidade dos alunos devem aumentar consideravelmente, porque o trabalho de levantamento de temas (ou possibilidades de temas para o trabalho), mesmo em situações realísticas, não fica restrito apenas ao momento em que a atividade será realizada. Durante todo o ano, os alunos devem estar imersos nas questões CTS, discutindo-as e tornando-as parte do seu dia-a-dia escolar.

Os alunos também são convidados a coparticiparem, juntamente com o professor, na proposição de elementos a serem discutidos. Os alunos não se comportarão apenas como "consumidores" de conhecimentos que o professor vai propondo; eles também elegem situações que desejam discutir e propõem para o grupo. Com o auxílio de tecnologias e da *Internet*, eles podem postar suas reportagens, comentários, análises ou provocações tanto em blogs quanto em comunidades em redes sociais criadas pela turma. Essa coparticipação dos estudantes na escolha de notícias a serem discutidas por eles mesmos no dia-a-dia escolar e extraescolar, confere aos alunos a possibilidade de apresentar os temas desejados, os quais passarão pelo próprio crivo da turma, sendo considerados adequados ou não aos propósitos da disciplina.

Como na Modelagem na Perspectiva CTS se priorizará o trabalho com temas locais ou regionais, em alguns momentos, professor e alunos, ou mesmo os alunos por iniciativa própria, poderão fazer visitas aos locais em que se revelam as situações problemáticas em discussão.

Nos anexos, apresentamos uma atividade hipotética de Modelagem, cujo detalhamento visa dar corpo e esclarecimentos à perspectiva de Modelagem defendida nesta tese.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa relatada nesta tese foi orientada e balizada pela questão: *quais aspectos relacionados à Educação CTS e à Modelagem podem subsidiar a emergência de uma perspectiva de Modelagem com enfoque CTS?* Por se tratar de um estudo que objetivou desenvolver teoricamente uma perspectiva de Modelagem que leve em consideração os estudos relacionados às questões e discussões em CTS, decidimos desenvolvê-la sob as orientações de uma metodologia que possibilitasse a elaboração de uma teoria, aporte fundamental para a sustentação dessa nova perspectiva. Assim, subsidiado por experiências como pesquisador, considero que a *Grounded Theory* reúne as características requeridas, apresentando-se como adequada para subsidiar o desenvolvimento da nossa investigação.

Vislumbrar a possibilidade de juntar a educação matemática às discussões em CTS se deveu a dois elementos básicos: o primeiro é o fato de vir trabalhando nos últimos anos, como pesquisadores e docentes, no campo da Modelagem na Educação Matemática e interessado em continuar atuando nesse campo. O segundo se relaciona ao primeiro, na medida em que consideramos a importância da Modelagem quando se objetiva compreender e problematizar contradições e complexidades das realidades dos indivíduos envolvidos no processo. Sendo o campo CTS recheado dessas contradições e complexidades sociais, torna-se um espaço privilegiado para atuação em atividades de Modelagem.

Partindo de uma pesquisa em 16 artigos (sendo oito sobre Modelagem na Educação Matemática e oito sobre CTS), elaboramos, de forma enraizada nos dados, uma possibilidade diferente de pensar e fazer Modelagem, que convencionamos chamar de Modelagem na perspectiva CTS.

A partir da codificação de excertos nos artigos componentes do material de pesquisa, identificamos alguns itens que funcionariam como aspectos explicativos e motivacionais que justificariam o desenvolvimento de um tipo de educação diferente daquele que estaria posto.

Esses itens, com pequenas alterações, foram escolhidos como motivos ou causas justificadoras da Modelagem na perspectiva CTS, conforme reapresentado a seguir:

- A utilização de conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos com a função ideológica de dominação ou como meio de exploração social;
- A ideologia da certeza como subsidiadora do discurso matemático, científico e tecnológico;
- A Matemática e as Ciências Naturais vistas como verdades absolutas;
- A concepção de neutralidade dos conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos;
- O mito do salvacionismo da humanidade pela Ciência e Tecnologia, englobando toda sorte de questões relacionadas ao meio ambiente.

Completamos essa lista com mais um item, que, embora não apareça claramente enunciado no material utilizado como fonte de dados, se faz presente nas discussões postas. Seria ele:

- A necessidade de se idealizarem práticas educacionais relacionadas à educação matemática, bem como o conhecimento matemático escolar, a partir do pressuposto de que todo ato educacional matemático (científico, tecnológico etc.) deve criar reações às contradições e complexidades sociais.

A Modelagem na perspectiva CTS está enraizada nessas "causas bases", especialmente na última, descrita no parágrafo anterior, que seria uma espécie de direcionadora de qualquer trabalho desenvolvido sob as orientações dessa perspectiva de Modelagem.

Ante às diferentes formas de se fazer Modelagem, já tínhamos em mente que nem todas seriam adequadas aos propósitos desta tese. Embora tenhamos tentado nos livrar de concepções prévias acerca das áreas contempladas no objeto deste estudo, conforme a metodologia utilizada orienta, ao tomarmos os textos como falas dos autores, seria necessário saber que autores deveriam "ser entrevistados" ou emprestar sua fala. Com isso, os autores dos trabalhos escolhidos foram aqueles que direcionam seus olhares para perspectivas críticas de Modelagem.

Embora saibamos que não existe, assim como no campo da Modelagem, um alinhamento entre as perspectivas de trabalho, incluindo, especialmente, a Educação CTS, hipotetizávamos, antes do

desenvolvimento dessa pesquisa, que o campo CTS se ligaria ao da Modelagem como fonte de temas para o trabalho. Assim, como os autores escolhidos no campo da Modelagem trouxeram falas ligadas à Educação Crítica, uma perspectiva de Modelagem originada dessas falas (nelas enraizada) provavelmente também teria traços críticos e não tomaria temas (no nosso caso, CTS) de formas não críticas. Como apresentado nesta tese, o tema, por si só, não orienta ou deixa orientar um estudo de forma crítica. Um tema qualquer pode ser tomado para gerar dados importantes para um estudo em Matemática, Química, Física, Biologia etc., e abandonado em seguida. Em outras palavras, pode ser usado apenas como aspecto motivador inicial ou como mecanismo para "dourar a pílula". Porém, esse mesmo tema também pode ser problematizado no sentido de desvelar problemas sociais, geralmente relacionados às questões problemáticas no campo CTS. Podemos afirmar, portanto, que é a opção pedagógica que condiciona o trabalho com CTS. Há um sentido diretivo sob a escolha do professor que atua e conduz os alunos no processo.

Assim, para nós, o importante é que o tema ofereça possibilidades de problematizações ligadas às questões CTS e que auxilie aos alunos no aumento da compreensão das formas como Ciência e Tecnologia têm contribuído para as realidades instauradas. Além disso, que os alunos aprendam Matemática e percebam como ela está envolvida na atividade científica e tecnológica, além de auxiliar na compreensão das complexidades que envolvem o acrônimo CTS.

Dessa forma, a Modelagem, na perspectiva CTS, apresenta-se como um mecanismo de reação às "causas base", chamadas no texto de condições causais. Ainda, de forma enraizada nos dados, apresentamos os principais objetivos desta perspectiva de Modelagem:

- Desenvolver conhecimentos e ações com vistas à tomada de decisão em assuntos relativos às interações CTS, ao aprendizado colaborativo/cooperativo, ao desenvolvimento do pensamento crítico e da independência intelectual, à responsabilidade social, ao exercício da cidadania, ao desenvolvimento político e social, à flexibilidade cognitiva, à justiça social e, por consequência, ao interesse em atuar em questões sociais;
- Formar os indivíduos não apenas capazes de viver em uma sociedade democrática, mas também de atuar na construção e

ampliação dessa democracia, capazes de se questionarem pelo tipo de democracia que desejam;

- Desenvolver valores com vistas à defesa dos interesses coletivos, como os de solidariedade, a vida de grupo, de consciência do compromisso social, de reciprocidade, de respeito ao próximo e de generosidade. Uma consequência desse objetivo seria o questionamento à ordem capitalista, na qual os valores econômicos se impõem aos demais. Nesse movimento, a vivência e exigência dos direitos humanos se fortalecem;
- Compreender e se posicionar ante as implicações sociais, políticas e éticas relacionadas ao uso da Ciência e da Tecnologia;
- Desenvolver/construir/assimilar conhecimentos matemáticos e sobre a matemática, percebendo como esses conhecimentos são usados para formatar a realidade, como são importantes subsidiários do desenvolvimento científico e tecnológico e como estão integrados no nosso cotidiano. Isso implicaria outros modos de valorização e utilização da Matemática.

Por outro lado, essa perspectiva de Modelagem trouxe à tona, inevitavelmente, alguns problemas relacionados às escolhas de temas. A Modelagem na perspectiva CTS é por nós assumida como uma modalidade restritiva de Modelagem, pois delimita a abrangência das abordagens temáticas. A partir da assunção dessa perspectiva, a liberdade de escolha do tema pelos alunos passa a respeitar determinadas regras restritivas, às quais têm por objetivo garantir que o tema e a abordagem desse tema estejam relacionados às questões problemáticas emergentes nas relações CTS.

Portanto, além de mostrar que há problemas relacionados às questões da democracia em escolhas de temas para atividades de Modelagem nas perspectivas críticas, tivemos que desenvolver uma forma plausível para que professor e alunos tenham possibilidades de trabalhar juntos na escolha de temas para o trabalho, assumindo determinadas posturas e condições prévias, sem incidirem nos mesmos problemas. Assim, numa perspectiva prática, define-se com os alunos que o "conjunto universo" de temas e problematizações deve, necessariamente, estar limitado às questões CTS e, a partir dessa cláusula contratual com eles, passam a ter plena liberdade de escolha de temas para os trabalhos.

Dessa forma, a Modelagem na perspectiva CTS apresenta como principal objetivo identificar, conhecer, problematizar, confrontar e propor soluções para questões CTS relacionadas aos motivos ou causas base e condições causais apresentadas nesta tese. Isso se dará por meio da utilização de conhecimentos matemáticos a serem lembrados ou ensinados durante o processo, bem como, ao encontrar e propor soluções, testá-las e compará-las a outras possíveis soluções, aportadas ou não na Matemática, criar novos questionamentos e problemas a serem trabalhados e pesquisados.

Por fim, reconhecemos que esta pesquisa representa apenas o princípio do trabalho no desenvolvimento dessa perspectiva de Modelagem. Apresenta-se, porém, adequada ao que pensamos ser um direcionamento que faz uso da potencialidade da Modelagem para inserir a Matemática escolar nas discussões de questões ligadas às contradições e complexidades sociais. A partir desse momento, cabenos, com o auxílio de dados provenientes de aplicações da proposta, apontar direcionamentos para a evolução e consolidação da Modelagem na perspectiva CTS. Essa seria uma maneira de enxergar o ensino e aprendizagem de Matemática muito além da forma expressa nos dias atuais, isto é, enxergá-la como mais uma ferramenta à disposição do indivíduo engajado politicamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIKENHEAD, G. S. Research into STS science education. *Educación Química*, v. 16, n. 3, p. 384-397, 2005.

ALMEIDA, L. M. W.; ARAÚJO, J. L.; BISOGNIN, E. (Org.). *Práticas de Modelagem na Educação Matemática*. Londrina: EDUEL, 2011.

ANGOTTI, J. A. P. *Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências*. 1991. 162 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991

ARAÚJO, I. L. Vigiar e punir? Ou educar? *Revista de Educação*. Dossiê: Foucault pensa a educação. São Paulo: Editora Segmento, V. 3, 2007.

ARAÚJO, J. L. *Cálculo, tecnologias e Modelagem Matemática: as discussões dos alunos*. 2002. 173 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

ARAUJO, J. L. Relação entre Matemática e realidade em algumas perspectivas de Modelagem Matemática na Educação Matemática. 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. P. 17 – 32.

ARAÚJO, J. L. Uma abordagem sócio-crítica da modelagem matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. *Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia*, v.2, n.2, p. 55-68, 2009. Disponível em: <<http://alexandria.ppgect.ufsc.br/files/2012/03/jussara.pdf>>. Acesso em: dezembro/ 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. Para onde vai a energia num veículo convencional?. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/PF/ExibePF.asp?codigo=0013>>. Acesso em: 12 janeiro 2014.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, Campinas; v. 1, n. especial, novembro de 2007.

AULER, D. *Interações entre Ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências*. 2002. 248p. Tese (Doutorado em educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*, Bauru; v. 7, n. 1, p.1-13, 2001.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 1, p. 105-115, 2001.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. In: SEMINÁRIO IBÉRICO CTS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS – Las Relaciones CTS en la Educación Científica, 4., 2006, Málaga. *Anais...* Málaga: Universidad de Málaga. p. 1-7, 2006.

BANDEIRA-DE-MELLO, R.; CUNHA, C. J. C. de A. Operacionalizando o método da *grounded theory* nas pesquisas em estratégia: técnicas e procedimentos de análise com apoio do *software* Atlas/ti. In: ENCONTRO DE ESTUDOS EM ESTRATÉGIA, 1., 2003, Curitiba. *Anais...*Rio de Janeiro: ANPAD, 2003.

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. L. (Orgs.) *Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira*: pesquisas e práticas educacionais. Recife: SBEM, 2007. p. 161-174.

BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., 2001, Caxambu. *Anais...* Rio Janeiro: ANPED, 2001. CD-ROM

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

BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática*. São Paulo: Contexto, 2004.

BASSANEZI, R. C. *Sobre a Modelagem Matemática*. UNICAMP. Conferencia de Encerramento III CNMEM, 2003.

BAUMAN, Z. *Globalização: as consequências humanas*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1999.

BAZZO, W. A. A pertinência de abordagens CTS na Educação Tecnológica. *Revista Iberoamericana de Educación*, Madrid, v. 1, n.28, p. 83-100, 2002. Disponível em: < <http://www.rieoei.org/rie28f.htm>>. Acesso em: junho/ 2010.

BAZZO, W. A. Cultura científica versus humanística: a CTS é o elo? *Revista Iberoamericana de Educación*. N. 58, p. 61-79, 2012. Disponível em: <<http://www.rieoei.org/rie58a03.pdf>>. Acesso em: junho/ 2012.

BENITO, E. “Não criamos medicamentos para os indianos, mas para os que podem pagar”. *El Pais*, 23 jan. 2014. Disponível em: <http://brasil.elpais.com/brasil/2014/01/23/sociedad/1390497913_508926.html>. Acessado em: 25 jan. 2014.

BICUDO, M. A. V. A hermenêutica e o trabalho do professor de Matemática. *Cadernos da Sociedade Brasileira de Estudos e Pesquisas Qualitativos*. v. 3, n. 3, 1993, p. 61-94.

BLUM, W.; NISS, M. Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects—state, trends and issues in mathematics instruction. In: International Congress on Mathematical Education, 6. 1988, Budapest. *Atas...* Preprint. 1989.

BOBBIO, N. *O futuro da democracia: uma defesa das regras do jogo*. 6º ed. Trad. Marco Aurélio Nogueira. Rio de Janeiro: Paz e Terra: 1986.

BOBBIO, N.; MATTEUCCI, N.; PASQUINO, G. *Dicionário de política*. Tradução de Carmen C. Varriale, et al. Brasília: UnB, 1998.

BORBA, M. C.; SKOVSMOSE, O. A ideologia da certeza em educação matemática. In: *Educação matemática crítica: a questão da democracia*. Campinas: Papyrus, 2001. P. 127-148.

BOYER, C. *História da Matemática*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1996.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação: Lei nº 9.394/96 – 24 de dez. 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 1998.

BROUSSEAU, G. Les échecs électifs dans l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire. *Revue de laryngologie otologie rhinologie*, 1980, 101, 3-4, 127.

BROWN, R.; PORTER, T. The methodology of mathematics. *European Mathematical Society Newsletter*. First Part: n. 40, pp. 12-14. Second Part: n. 41, pp. 14-16. June. 2001.

BURAK, Dionísio. *Modelagem matemática: ações e interações no processo de ensino aprendizagem*. 1992. 459 p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

BUSH, V. Science the endless frontier. A report to the president, Washington D.C.: United States Government Printing Office, 1945.

CAJORI, F. *Uma história da matemática*. Rio de Janeiro: Editora ciência moderna, 2007.

CALDEIRA, A. D. A modelagem matemática e suas relações no currículo. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE MODELAGEM MATEMÁTICA, 4., Feira de Santana, 2005. *Anais...* Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2005.

CALDEIRA, A. D. Modelagem matemática: um outro olhar. In: *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*. Santa Catarina, v. 2, n. 2, p.33-54, jul 2009.

CARSONS, R. *Primavera silenciosa*. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1969.

CATTAI, M. D. S.; PENTEADO, M. G. A formação do professor de matemática e o trabalho com projetos na escola. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 1, p. 105-20, 2009.

CEREZO, J. A. L. Ciência, Tecnologia e Sociedade: o estado da arte na Europa e nos Estados Unidos. In: SANTOS, L. W. (Org.). *Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação*. Londrina: IAPAR, 2004. p. 3–38.

CHARMAZ, K. A construção da teoria fundamentada: guia prático para análise qualitativa. COSTA, J. E. (Trad.). Porto Alegre: Artmed, 2009.

CHASSOT, A. *A ciência através dos tempos*. Impressão. São Paulo: Moderna (coleção Polêmica), 1994.

CURY, H. N. As concepções de matemática dos professores e suas formas de considerar os erros dos alunos. 1994. 278 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, UFRGS, Porto Alegre, 1994

DAVIS, P. J. , HERSH, R. *A experiência matemática*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1986.

FIORENTINI, D. Pesquisar práticas colaborativas ou pesquisar colaborativamente? In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Orgs.). *Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática*. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2004. p. 47-76.

FIORENTINI, D. Quando acadêmicos da universidade e professores da escola básica constituem uma comunidade de prática reflexiva e investigativa. In: FIORENTINI, D; GRANDO, R. C.; MISKULIN, R. G. S. (org.). *Práticas de formação e de pesquisa de professores que ensinam matemática*. Campinas: Mercado de Letras, p. 233-255, 2009.

FLEMING, H. Max Planck e a Idéia do Quantum de Energia. In: HUSSEIN, M.; SALINAS, S. (Orgs.). *100 anos de física quântica*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2001. p.10

FOUCAULT, M. *Microfísica do poder*. 25 ed. São Paulo: Graal, 2012.

FOUCAULT, M. *Vigiar e punir: história da violência nas prisões*. 26 ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

GALLO, S. Repensar a educação: Foucault. *Revista Educação e Realidade*, v. 29, n. 1, 2004.

GARDING, L. *Encontro com a Matemática*. Tradução: Célia W. Alvarenga, Maria Manuela V. Marques Alvarenga. Brasília: Ed. da UnB, 1981.

GARNICA, A. V. M. Professor e professor de Matemática: das informações que se tem acerca da formação que se espera. *Revista da Faculdade de Educação - USP*. São Paulo, v.23, n.1-2, p. 215-138, jan/dez. 1997.

GLASER, B. G.; HOLTON, J. Remodeling Grounded Theory. *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research*, 5(2), Art. 4, 2004 [Disponível em: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs040245> - acesso em 15/03/2011].

GÓMEZ, R. J. Progreso, determinismo y pesimismo tecnológico. *Redes*, Buenos Aires, v. 4, n. 10, 1997. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90711303002>>. Acessado em: 13 set. 2012.

GOOGLE MAPS. *Rotas*. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 13 janeiro 2014.

HARDY, G. H. *A mathematician's apology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1967.

HERRERA, A. O. Civilização ocidental não dá respostas à crise atual. In: DAGNINO, R. (org). *Um intelectual latino-americano*. Campinas: UNICAMP/IG/DPCT, 2000.

IBGE. *Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente*. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/vocabulario.pdf>>. Acesso em: 19 dezembro 2013.

INSTITUTO PAULO MONTENEGRO. Analfabetismo funcional. Disponível em: <http://www.ipm.org.br/>>. Acesso em: 12 janeiro 2014.

JACOBINI, O. R. Modelagem Matemática em sua Dimensão Crítica: novos caminhos para conscientização e ação políticas. In: Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática, 5., 2007, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto. 2007. 1 CDROM.

JACOBINI, O. R.; WODEWOTZKI, M. L. L. Uma reflexão sobre a Modelagem Matemática no contexto da Educação Matemática Crítica. *Bolema*, Ano 19, n.25. Rio Claro, SP: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, IGCE/ UNESP, 2006, p. 71- 88.

KINCHELOE, Joe L. *A formação do professor como compromisso político: mapeando o pós-moderno*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

KLÜBER, T. E. *Uma metacompreensão da modelagem matemática na educação matemática*. 2012. 339 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

LAPERRIÈRE, A. A teoria enraizada (*grounded theory*): procedimento analítico e comparação com outras abordagens. In: POUPART, J. ; DESLAURIERS, J. P. ; GROULX, L. H. ; LAPERRIÈRE, A. ; MOYER, R. ; PIRES, A. P. *A pesquisa qualitativa*. Enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis: Vozes, 2008. p. 353-385.

LARROSA, J. B. Notas sobre a experiência e o saber de experiência. *Revista Brasileira de Educação*, v.1, n.19, p. 20-28, 2002.

LÖWY, Michael. *Ideologias e ciência social: elementos para uma análise marxista*. São Paulo: Cortez Editora, 2002.

LUJÁN LÓPEZ, J. L. et al. *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: TECNOS, 1996.

MENDES, I. A. Analfabetismo matemático: um problema para a Educação Matemática brasileira. In: Encontro Regional de Educação Matemática, 2., 2009, Natal-RN. *Anais...* Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2009. Disponível em <<http://www.sbemrn.com.br/site/II%20erem/palestra/doc/palestra2.pdf>>. Acesso em: 15 outubro 2013.

MEYER, J. F. da C. de A., CALDEIRA, A. D., MALHEIROS, A. P. dos S. *Modelagem em Educação Matemática*. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011.

MIZUKAMI, M. das G. N. *Ensino-aprendizagem: as abordagens do processo*. São Paulo: EPU, 1985.

NICOLETTI, J. Chuva em SC causa alagamentos, deslizamentos e deixa desalojados. *GI*, Santa Catarina, 04 de abril 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2013/04/chuva-em-sc-causa-alagamentos-deslizamentos-e-deixa-desalojados.html>>. Acesso em: 19 maio 2013.

OCDE. *Measuring student knowledge and skills: The PISA 2000 assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD. 2000. Disponível em: <<http://www.oecd.org/education/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33692793.pdf>>. Acessado em: 22 set. 2012.

PEDRETTI, E. G. et al. Promoting issues base STSE: perspectives in science teacher education: problems of identity and ideology. *Science & Education*, v. 17, n. 8-9, p. 941-960, 2008.

PINHEIRO, N. A. M. *Educação crítico-reflexiva para um ensino médio científico-tecnológico: a contribuição do enfoque CTS para o ensino-*

aprendizagem do conhecimento matemático. 2005. 153 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PINHEIRO, N. A. M. Uma reflexão sobre a importância do conhecimento matemático para a Ciência, para Tecnologia e para Sociedade. *Publicatio UEPG. Ciências Humanas, Ciências Sociais Aplicadas, Lingüística, Letras e Artes, Ponta Grossa*, v. 1, p. 21-31, 2003.

PUIG, J. M. et al. *Democracia e participação escolar: propostas de atividades*. São Paulo: Moderna, 2000.

ROUSSEAU, C. Mathematics, a living discipline within science and technology. In: SIMMT, E. & DAVIS, B. (Orgs.). *Proceedings: 2001 Annual Meeting*. Canadian Mathematics Education Study Group, University of Alberta, Alberta. 2002

SACHS, I. Brasil e os riscos da modernidade. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, v.20, n.119, p. 12-14, abril 1996.

SANTOS, M. A. *Inventário das emissões de gases de efeito estufa derivadas de hidrelétricas*. 2000. 147 p. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) - Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2000.

SANTOS, W. L. P. dos. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Orgs.). *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio*, v.2, n.2, p. 133- 162, 2000.

SILVA, C.; KATO, L. A. Quais elementos caracterizam uma atividade de modelagem matemática na perspectiva sociocrítica?. *Bolema*. Rio Claro, SP. V. 26, n° 43, pp. 45-66. Ago. 2012.

SILVA, I. *História dos pesos e medidas*. São Paulo: EdUFSCar, 2004.

SILVA, T. T. *Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo*. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.

SILVEIRA, E. *Modelagem matemática em educação no Brasil: entendendo o universo de teses e dissertações*. 2007. 197p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2007.

SILVEIRA, E.; BOTEGA, G. P.. Vivendo Experiências com Temas em Modelagem. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA, 7., 2013, Montevidéo. *Anais...* Montevidéo, 2013. p. 3011-3018.

SILVEIRA, E.; CALDEIRA, A. D. Modelagem na sala de aula: resistências e obstáculos. *Bolema*. Rio Claro, SP. V. 26, n° 43, pp. 249-275. Ago. 2012.

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

SKOVSMOSE, O. *Educação Matemática crítica: a questão da democracia*. Campinas, SP: Papirus, 2001. 160 p.

SKOVSMOSE, O. Matemática em Ação. In: BICUDO, M. A. V.; BORBA, M. C. (eds.). *Educação Matemática: Pesquisa em Movimento* (30-57). São Paulo: Cortez Editora, 2005.

TAROZZI, M. *O que é a Grounded Theory?* Metodologia de pesquisa e de teoria fundamentada nos dados. Petrópolis – RJ: Vozes, 2011. 189 p.

THUILLIER, P. O contexto cultural da ciência. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.9, n.50, p.18-23, jan.-fev. 1989.

VARGAS, M. A história da matematização da natureza. *Estudos Avançados*, v. 10, n. 28, p. 249 - 276, 1996.

VEIGA-NETO, A. *Foucault & a educação*. Belo Horizonte: Autentica, 2005.

VILCHES, A.; GIL PÉREZ, D.; PRAIA, D. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas*. Brasília: UNB, 2011. p. 161-184

von LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. *Revista Ciência & Ensino*, v.1, número especial, p. 1-19, nov. 2007.

von LISINGEN, I. O enfoque CTS e a educação tecnológica: origens, razões e convergências curriculares. *Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica*. Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/CTS%20e%20EducTec.pdf>>. Acesso em: dezembro/ 2005.

'We didn't make this medicine for Indians... we made it for western patients who can afford it': Pharmaceutical chief tries to stop India replicating its cancer treatment. *Mail online*. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2545360/Pharmaceutical-chief-tries-stop-India-replicating-cancer-treatment.html>>. Acesso em: 26 janeiro 2014.

WITTGENSTEIN, L. *Investigações filosóficas*. Trad. José Carlos Bruni. São Paulo: Nova Cultural, 1999.

YAZBEK, P. Os carros que consomem menos combustível, segundo o Inmetro: confira a lista atualizada dos carros mais eficientes segundo o programa brasileiro de etiquetagem veicular (PBEV). *Exame.com*, 07 de agosto de 2013. Disponível em :< <http://exame.abril.com.br/seu-dinheiro/noticias/os-carros-que-consomem-menos-combustivel-segundo-o-inmetro--2#2>>. Acesso em: 20 outubro de 2013.

ZIMMERMANN, E. E BERTANI, J.A. Um novo olhar sobre os cursos de formação de professores. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v.20, n.1: 43-62, 2003.

ANEXO

7. UMA ATIVIDADE HIPOTÉTICA DE MODELAGEM NA PERSPECTIVA CTS

Para exemplificar melhor o desenvolvimento de atividades de Modelagem na perspectiva CTS, apresentamos um caso fictício, segundo a situação realística. A opção por apresentar um exemplo no âmbito situação realística e não segundo a situação desejada, relaciona-se às possibilidades reais do desenvolvimento de atividades de Modelagem enfrentadas pelos professores na atualidade. Conforme já exposto, são diversos os obstáculos apresentados pelos professores para não incluir atividades de Modelagem em suas práticas (SILVEIRA E CALDEIRA, 2012). Dentre esses obstáculos, podemos identificar alguns ligados à necessidade e do professor em cumprir listas de conteúdos, a preocupação com tempo "excessivo" gasto com as atividades e até a oposição ou falta de apoio da própria escola. Atividades na situação desejada tendem a "movimentar" muito mais a escola, exigem um envolvimento maior de professor e alunos, além de maior autonomia ao professor em relação ao planejamento do curso e das aulas.

O objetivo da inclusão desse caso fictício tem relação com a necessidade que sentimos em mostrar a plausibilidade do projeto, ou seja, objetiva-se mostrar que é possível desenvolver atividades de Modelagem na perspectiva CTS, com maior ou menor vigor, no âmbito da escola pública⁷². O cenário utilizado nesse exemplo é uma turma com 30 estudantes de 9º ano de uma escola estadual baseada na cidade de Florianópolis-SC. O professor de Matemática foi chamado por nós de Lucas.

Segundo a nossa percepção, não há rigidez na forma como se encaminha uma atividade de Modelagem, e essa condição também é

⁷² Salientamos, porém, que temos consciência de que, durante a escrita desse caso, muitos elementos podem deixar de ser considerados, dado a impossibilidade de se pensar em todas as variantes possíveis em uma situação real. Que ele seja tomado apenas a título de exemplificação.

válida no caso da Modelagem na perspectiva CTS. A atividade aqui descrita segue determinadas etapas como se fossem passos, mas isso porque, ao propor descrever essa atividade, é preciso especificar o que foi feito e em que ordem. Em determinado momento, ao falar da escolha de temas e da divisão de grupos, optamos por escolher um tema no grande grupo e, somente depois, separar os grupos para que cada um deles tratasse do aspecto desejado dentro do tema escolhido. Poderia ser diferente, e exatamente o contrário. Nossa opção se fundamenta no pensamento de que, sendo apenas um tema para a turma toda, ficará menos trabalhoso para que o professor se inteire do assunto e acompanhe os grupos. Essa, inclusive, é uma indicação nossa para professores que desejam começar a utilizar a Modelagem em suas práticas.

A seguir, apresentamos o passo-a-passo da atividade fictícia, que se divide entre descrever minuciosamente tal atividade, bem como discutir a importância de cada um desses passos, alguns essenciais para que se desenvolva uma atividade de Modelagem na perspectiva proposta nesta tese.

1. O planejamento do professor proponente

Não é comum para o professor de Matemática desenvolver uma prática docente utilizando diferentes possibilidades para dinamizar o dia-a-dia da sala de aula. Trabalhos com diferentes possibilidades metodológicas exigem planejamento prévio e reflexão, possibilitando que o professor minimize as chances de ser “pego de surpresa” por elementos alheios à sua vontade durante as atividades.

Ao se dispor trabalhar com Modelagem na perspectiva CTS, o professor precisa estar atento à necessidade de direcionar a construção do seu plano de ensino de forma diferente daquele que construiria para o ensino tradicional. Não basta decidir de uma semana para outra que se começará a desenvolver uma atividade de Modelagem nos próximos dias. Quando planejada e constante do plano de ensino, uma atividade de Modelagem se torna realizável, pois passa a fazer parte da disciplina, de forma que, sem a sua realização, o plano de ensino não seria cumprido.

Dessa forma, ao analisar a listagem de conteúdos a serem ensinados em um ano, o professor pode tentar elaborar o plano de ensino, de forma a planejar as atividades de Modelagem para datas

próximas ao momento em que deverá trabalhar alguns conteúdos possíveis de se explorar com essas atividades. É evidente que para desenvolver a atividade de Modelagem, os alunos necessitarão de determinados conhecimentos matemáticos. Alguns desses conhecimentos os alunos já possuirão; outros, mesmo já os tendo estudado, não serão prontamente lembrados. Há ainda os conhecimentos novos, ou seja, aqueles com os quais os alunos ainda não tiveram contato na escola.

Em pesquisa anterior⁷³, identificamos os principais conteúdos matemáticos trabalhados em atividades de Modelagem. Em se tratando da Educação Básica, no Ensino Fundamental, os assuntos que mais apareceram foram: geometria plana e medidas linear, superficial e volumétrica. Outros assuntos também apareceram, como geometria analítica, espacial, porcentagens, juros, razão e proporção. No Ensino Médio, os assuntos mais discutidos foram as medidas linear, superficial e volumétrica, e razão e proporção, além de outros, que apareceram com menos frequência, tais como: funções exponenciais e logarítmicas; números naturais, inteiros e racionais; juros e porcentagem e progressões aritméticas e geométricas.

Nessa pesquisa, corroboramos o trabalho de Burak (1992), no qual afirma que "a Modelagem Matemática é muito rica em vários aspectos, porém, mesmo assim, talvez não seja suficiente para desenvolver todos os conteúdos de uma série, principalmente nos cursos regulares" (p. 82). Seria importante acrescentar que isso ocorre nos trabalhos desenvolvidos na situação realística. Ao considerarmos a situação desejada, a lista de conteúdos perde força e o professor pode trabalhar de forma mais livre, tendo menos entraves para desenvolver as atividades de Modelagem.

O professor Lucas planejou trabalhar três atividades de Modelagem na perspectiva CTS durante o ano letivo. As atividades foram planejadas para os seguintes momentos:

- momento em que seria iniciado o estudo de conteúdos do eixo tratamento da informação, especialmente, gráficos e tabelas (5 aulas);
- momento em que seria iniciado o estudo de funções, especialmente, função do primeiro grau⁷⁴ (10 aulas);

⁷³ Silveira (2007).

⁷⁴ O trabalho que aqui descrevo se refere a essa atividade de Modelagem.

- momento em que seria iniciado o estudo de conteúdos do eixo grandezas e medidas, objetivando o trabalho com áreas, re-explorando conteúdos de medidas lineares e volumétricas (7 aulas).

Mesmo se tratando de uma atividade no âmbito da situação realística, é importante que o professor compreenda que é comum, em atividades abertas de Modelagem⁷⁵, os alunos desenvolverem as investigações por rumos decididos por eles e, conseqüentemente, pode ser que o professor não consiga fazer a mediação de forma a "direcionar" as discussões e propostas para que se utilizem aqueles conteúdos matemáticos que deseja ensinar.

Quando isso ocorre, é importante que o professor ofereça aos alunos a possibilidade de continuar suas investigações, de forma a não causar uma "frustração" nos alunos, no sentido de terem que mudar de foco para abordar uma problemática que facilitará a utilização de um ou outro conteúdo matemático. O professor pode, durante a apresentação dos resultados das diversas atividades, pedir a um determinado grupo (aquele que contemplou o conteúdo que o professor desejava explorar) que exponha com mais detalhes o seu trabalho. O professor pode intervir e apresentar os conteúdos a todos na sala, de forma que os alunos que não chegaram a explorá-los na sua atividade possam ter acesso a tal conhecimento.

2. A criação de um ambiente permeado de discussões CTS

Quando feita a opção pelo trabalho com a Modelagem na perspectiva CTS, o professor de matemática se compromete em transformar a sala de aula em um "fórum permanente" de circulação de notícias e discussão de questões CTS. Isso não se deve apenas ao fato de que, em alguns momentos do ano, os alunos escolherão algum desses assuntos para o trabalho e, sim, ao fato de que, nessa concepção de Modelagem, as questões CTS devem passar a fazer parte da constituição da aula de Matemática. A circulação de reportagens, documentários, leituras, vídeos etc., poderá modificar o ambiente escolar de forma a causar um movimento de interesse nos alunos por tais assuntos. Esse

⁷⁵Refiro-me a atividades em que os alunos têm o poder de escolher o tema para o trabalho e também de elaborar as problemáticas que direcionarão as atividades.

envolvimento pode ser intensificado quando forem se aproximando os momentos em que o professor planejou as atividades de Modelagem.

A tarefa do professor será, além de trazer mais informações sobre questões já levantadas ou novos assuntos relacionados às questões CTS, envolver os alunos nesse ambiente, de tal forma que eles deixem a posição de apenas receptores de informações e passem a se comportar como "garimpeiros" e provedores de dados. Em diversos momentos, durante os primeiros dias de aula, o professor deve discutir com os alunos algumas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. A intenção desse posicionamento do professor será de ir tornando o assunto mais "comum" ao cotidiano dos alunos, a fim de possibilitar à turma o trânsito e a compreensão de assuntos envolvendo as relações CTS.

No caso do professor Lucas, ele propôs aos alunos do 9º ano a criação de um *blog* e de uma comunidade no *Facebook*, para que as postagens de links de reportagens, documentários, vídeos e outros fossem democratizadas. Dessa forma, todos poderiam navegar pelas matérias apresentadas e propor novas matérias aos colegas. Para promover o acesso, o professor pediu a liberação da sala de informática, para que os alunos pudessem acessar à *Internet* em momentos de intervalos e em contra-turnos, a fim de que todos pudessem acessar os conteúdos propostos no *blog* e no *Facebook*.

Além das postagens digitais, o professor encorajou os alunos a trazerem reportagens de revistas e jornais para a sala de aula. Ele insistia para que cada aluno trouxesse pelo menos uma reportagem por semana e, no início das aulas de Matemática, ele pedia que comentassem a reportagem que haviam trazido. O professor também promoveu a construção de um mural que ocupava um espaço na parede do fundo da sala, local em que as reportagens iam sendo afixadas, segundo alguns critérios: data, assunto ou temática, impacto.

Ele criou a rotina de acessar as postagens feitas pelos alunos na *Internet*, e fazer comentários nos *posts*, convidando outros alunos, conforme outras reportagens que já haviam postado ou comentado na *Internet* ou em sala, para que tentassem criar *links* entre o assunto em discussão e aqueles que haviam apresentado anteriormente. A intenção com isso foi fazer com que os alunos, aos poucos, percebessem inter-relações entre os mais diversos assuntos e como esses assuntos sempre poderiam ser reclassificados em uma temática mais ampla. Futuramente,

isso auxiliaria o próprio professor, facilitando a escolha de temas para as atividades de Modelagem propostas por ele.

Foi comum acontecerem discussões acerca da "validade" de algumas reportagens para se discutir CTS. Em algumas situações, nem todos os alunos concordavam que a reportagem apresentada poderia ser relacionada às questões problemáticas envolvendo Ciência e Tecnologia. Citamos uma dessas passagens para ilustrar.

O ano de 2013 foi mais um em que o povo catarinense sofreu com as enchentes. Foram muitas as reportagens e matérias que circularam nos jornais de todo o País sobre o assunto. Um aluno postou uma reportagem na comunidade do *Facebook* sobre esse problema. A matéria intitulada "Chuva em SC causa alagamentos, deslizamentos e deixa desalojados: Uma das regiões mais atingidas foi o Vale do Itajaí, onde há desalojados. Camboriú está com todos os acessos prejudicados e em estado de alerta" foi veiculada pelo *site* g1.globo.com, e bastante debatida em sala de aula e na própria comunidade virtual. Alguns dos alunos questionavam as relações entre o evento das enchentes, que para muitos é apenas um fenômeno natural e CTS. Alguns se posicionaram contrários a essas possíveis relações, questionando o que a Ciência e a Tecnologia teriam a ver com as inundações. Surgiram algumas argumentações a favor, mas a maioria dos alunos se posicionou de forma contrária. O professor Lucas não tomou partido inicialmente, mas incentivou o debate solicitando que os alunos argumentassem em defesa de suas posições.

Deixar que os próprios alunos encontrem elementos que fortaleçam ou não seus pontos de vista, além de ser apenas uma forma de valorização do pensamento do aluno, é uma forma de se praticar a docência. Os alunos mais envolvidos com a questão acabam lendo diversos textos sobre o assunto, tentando encontrar uma solução para a indagação, e todo esse conhecimento é enriquecedor. Como pano de fundo, está se desenvolvendo a competência para a busca do conhecimento que será útil, não apenas nesse contexto específico, mas em todo o contexto educacional e, porque não, pessoal.

Por fim, o professor da turma expôs alguns questionamentos que poderiam ajudar aos alunos avançarem nas discussões, e a seguir apresentamos alguns deles.

- É possível que o aumento da temperatura global tenha alguma relação com as secas e as enchentes?

- Embora o efeito estufa⁷⁶ seja um fenômeno natural, é possível que ações antrópicas interfiram em sua intensidade?
- O que a ocupação do solo tem a ver com Ciência e Tecnologia?
- É possível identificar alguma relação do consumismo e da produção de resíduos sólidos (lixo) com as inundações em regiões urbanas?
- Mesmo fugindo do mito de que em algum momento do futuro, Ciência e a Tecnologia vão resolver os problemas da humanidade, o que tem sido feito, por essas vias, para minimizar os problemas com enchentes no país e no mundo?
- Ciência e Tecnologia poderiam resolver ou minimizar permanentemente os problemas com enchentes no mundo? Se você acredita que sim, como isso seria possível?

Os comentários surgidos após as questões postadas pelo professor Lucas se configuraram como tentativas de responder aos questionamentos. Todos os questionamentos tiveram alguns comentários "respostas", bem como réplicas, tréplicas, etc. No caso dos questionamentos que indicavam possível relação do aquecimento global, enchentes e secas e o agravamento do efeito estufa pela ação humana, os comentários tiveram como principal foco a emissão de gases estufa⁷⁷, e

⁷⁶Segundo o Dicionário de Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente, efeito estufa é "a capacidade que a atmosfera da Terra apresenta de reter parte da radiação térmica emitida pela superfície do Planeta. A luz solar atravessa a atmosfera e, após ser interceptada e parcialmente absorvida pelas superfícies sólidas e massas d'água, é reemitida como radiação térmica (calor), que encontra dificuldade para sair da atmosfera. A atmosfera é transparente a luz, mas translúcida ao calor. O Efeito Estufa garante temperaturas mais altas na superfície da Terra, e minimiza as variações diárias e estacionais de temperatura. Sem esse fenômeno, a temperatura do Planeta seria bem mais baixa"(2002, p. 113).

⁷⁷Segundo Santos (2000, p.09), "as principais fontes antropogênicas dos gases estufa são as atividades industriais, a produção e a utilização de energia e o desflorestamento associado à queimadas (como as atividades agropecuárias em geral). Os diferentes tipos de gases estão relacionados a fontes específicas de emissão, com uma grande variedade e extensão geográfica, o que prejudica um inventário completo da origem dos gases". Em seguida o autor apresenta, conforme informações da OECD (1991) o tipo de gás emitido e as principais fontes responsáveis:

suas relações com veículos movidos pela queima de combustíveis fósseis, atividade industrial, produção e utilização de fertilizantes etc.

As construções em encostas, barrancos e margens de rios também foram comentadas. Levantaram-se questionamentos sobre os motivos pelos quais inúmeras pessoas acabam por construir em áreas de risco, tendo sido ainda discutidas algumas questões relacionadas ao planejamento urbano, mas não avançaram muito.

A questão do lixo e suas relações com as enchentes foi bem comentada; para os alunos, o lixo seria um dos grandes causadores de enchentes nas zonas urbanas das cidades. Segundo eles, o mau hábito de jogar lixo em qualquer lugar agrava o problema de entupimentos de bueiros, o que leva as enxurradas a terem de escoar superficialmente, provocando as inundações. O professor Lucas insistiu em questionar as possíveis relações entre o consumismo, a produção de lixo e Ciência e Tecnologia. Ele explicou aos alunos que nos dias atuais a indústria se especializou em "produzir necessidades", para que novos produtos se tornem desejados. Como exemplo, ele citou a invenção da necessidade de se ter um telefone individual móvel, de como as pessoas sobreviveram por séculos sem esses objetos e como se sentem "órfãs" atualmente quando, por esquecimento, saem sem esses aparelhos.

Ele insistiu em mostrar como esses equipamentos eletrônicos são desejados e falou do mercado bilionário movimentado pelas empresas que vão transformando esse pequeno aparelho em uma super máquina

- Dióxido de Carbono(CO_2) - extração, transformação, transporte e uso final de combustíveis fósseis. Desmatamentos associados à queimadas de áreas florestadas;
- Metano (CH_4) - produzido através de processos de decomposição anaeróbica ou por combustão incompleta nas mudanças no uso do solo (cultivo de arroz em áreas alagadas, queima de biomassa - florestal e resíduos agrícolas-, inundações de áreas florestadas em reservatórios) e áreas naturais pantanosas; criação de animais ruminantes (dejetos e criação), utilização energética (produção, armazenagem, queima de carvão mineral produção e transporte de gás natural).
- Óxido Nitroso (N_2O) – desnitrificação dos solos em condições anaeróbicas, combustão, queima da biomassa, utilização de fertilizantes.
- Clorofluorcarbonos (CFCs) - Atividade industrial, gases refrigerantes (ar condicionado, refrigeradores), aerossóis.
- Ozônio (O_3) - Conseqüência de reações complexas na alta atmosfera [reação fotoquímica com o Monóxido de Carbono – (CO), metano – (CH_4)-, e radicais oxidados de nitrogênio – (NOx)]. (SANTOS, 2000, p. 09))

capaz de fazer coisas inimagináveis. Em sua explanação, o professor falou da capacidade que alguns desses aparelhos possuem, por exemplo, para fotografar. Há alguns modelos que só podem ser superados por câmeras fotográficas de última geração⁷⁸. A tradicional função desses equipamentos, que seria "telefonar", passou a ser uma das que menos importa no momento da escolha do aparelho, pois essa função qualquer aparelho simples possui, já que celulares passaram a existir justamente para isso. Os consumidores dos *smartphones*, como passaram a ser chamados os celulares mais avançados, costumam se importar mais com a capacidade desses aparelhos de fotografar e filmar, tocar músicas e vídeos, suportar os mais variados aplicativos⁷⁹, etc. do que com a funcionalidade do aparelho para telefonar.

O mercado de aparelhos criados para a utilização na telefonia celular movimenta tanto dinheiro que as empresas fabricantes passaram a investir bilhões de dólares no desenvolvimento de novos equipamentos lançados todos os dias no mercado. Faz-se tanta propaganda desses equipamentos, identificados como componentes fundamentais a uma criança, adolescente ou adulto (que deseje estar na moda), que existem pessoas trocando seus aparelhos por modelos mais recentes, mais avançados, após poucos meses de uso.

Da mesma forma que ocorre no caso dos celulares, explica o professor, concede-se a outros produtos, que poderiam ser considerados supérfluos em comparação com outras épocas, o *status* de fundamentais na vida humana. Outra questão é que, atualmente, os produtos possuem baixa durabilidade, ou seja, são feitos para estragar logo, e os consertos, em muitos casos (celulares, impressoras, computadores etc.) acabam

⁷⁸ Recentemente a *Nokia* lançou um *smartphone* chamado de *Lumia 1020* que possui uma câmera fotográfica com tecnologia *PureView* de 41 megapixel. Com sua capacidade de estabilização óptica de imagem, resolução de 7712 x 5360, a câmera usa um aplicativo chamado *Nokia Pro Camera* - com configurações para produção de fotos mais profissionais.

⁷⁹ *Software* aplicativo ou, simplesmente aplicativo são *softwares* que têm por objetivo ajudar o seu usuário a desempenhar uma tarefa específica, em geral ligada a processamento de dados. Um aplicativo muito conhecido dos jovens nos dias atuais é o *WhatsApp Messenger*, aplicativo de mensagens multiplataforma, mas especialmente utilizado em "celulares", que permite trocar mensagens pelo celular sem pagar por SMS, desde que o usuário esteja conectado à *Internet*.

tendo um custo tão elevado que, é mais vantajoso comprar um equipamento novo.

Juntando tudo isso, percebe-se que os seres humanos consomem muitos produtos e produzem muitos resíduos que nem sempre recebem tratamento adequado. Assim, são depositados em "qualquer lugar" e facilmente vão parar nos bueiros, esgotos, riachos e rios, acabando por contribuir para o agravamento do problema das enchentes.

Após essa explanação, um dos alunos postou a seguinte pergunta: Professor, você quer dizer que Ciência e Tecnologia são coisas ruins?

O Professor Lucas comentou sobre a importância dessa questão, afirmando que o problema é muito mais complexo e que não é possível dar uma resposta simples. Ele deu exemplos de como a Ciência e a Tecnologia têm beneficiado o homem e quanto também tem prejudicado. Falou dos problemas das decisões, em sua maioria técnicas, sobre o desenvolvimento científico e tecnológico e sobre o nível de responsabilidade que cientistas e tecnólogos deveriam assumir sobre suas criações. Para o professor, em alguns casos, o produto científico e tecnológico não pode ser classificado como bom ou ruim, mas, sim, uso que é feito dele. Por outro lado, cita exemplos de produtos da atividade científica e tecnológica que não poderiam ser utilizados para algo bom. Um dos exemplos foi a bomba atômica.

Quanto à questão sobre as possibilidades de que Ciência e a Tecnologia viessem a minimizar os problemas com enchentes no País e no mundo, os alunos, em sua maioria, deram respostas afirmativas, tendo alguns citado exemplos de como isso seria possível. Um dos alunos citou uma reportagem em que se apresentam os resultados do trabalho de alguns pesquisadores britânicos. Os cientistas desenvolveram um tipo de grama híbrida cultivável, que, durante os testes, foi capaz de reduzir o escoamento superficial de água em pastos. Isso acontece porque o crescimento rápido e o bem desenvolvido sistema de raízes da grama deixam a terra mais fofa e mais permeável, facilitando sua infiltração. Outro aluno falou do desenvolvimento de um tipo de asfalto permeável, fruto do trabalho de pesquisadores da Universidade de São Paul (USP).

Outros alunos comentaram sobre a necessidade de se planejar melhor o uso e a ocupação do solo, tanto nas cidades quanto na zona rural. Comentaram sobre o assoreamento de corpos d'água e suas causas. Alguns deles insistiram em defender o desenvolvimento e a construção de máquinas para limpar os rios, bem como para aumentar a

profundidade de seus leitos, assim como alguns também defenderam a instalação de grandes estações de bombeamento de água para o mar. O professor comentou sobre os problemas em se desenvolver ou implantar um produto tecnológico com o objetivo de resolver os problemas causados por outros empreendimentos. Ele mostrou novos impactos que poderiam ser esperados em alguns casos.

Por fim, um dos alunos comentou o projeto em desenvolvimento por um pesquisador da USP, que visa criar um sensor capaz de detectar quando uma enchente vai acontecer. Ele afirmou que esse equipamento não evitaria a enchente, mas poderia evitar prejuízos para as pessoas atingidas por enchentes.

Por outro lado, a maioria dos alunos concordou que seria muito improvável a resolução do problema das enchentes por meio de Ciência e Tecnologia. Para eles, seria possível minimizar os problemas com atitude humana, vontade política e a utilização de algumas contribuições do campo científico e tecnológico. Os alunos também concluíram que enchentes tinham muito mais a ver com Ciência e Tecnologia do que imaginavam.

A circulação de reportagens e matérias nos mais variados formatos continuou por todo o ano letivo, e isso foi fundamental para o sucesso das atividades de Modelagem na perspectiva CTS.

3. A escolha de temas gerais

Como dito anteriormente, o professor tem liberdade na escolha da forma como se encaminha uma atividade de Modelagem. O professor Lucas optou por seguir a sequência proposta, conforme descrito neste texto, e a escolha de temas se deu antes de se separarem os grupos de trabalho.

O principal diferencial das atividades de Modelagem na perspectiva CTS se concentra nos temas, tanto em relação à natureza desses temas, quanto em relação às formas como se processam suas escolhas.

Em relação à natureza dos temas, necessariamente se relacionam aos resultados da idealização, desenvolvimento, implementação e utilização de produtos da atividade científica e tecnológica. Quanto à validade ou não de um tema, ou seja, se o tema é ou não relacionado à CTS, o texto P1, baseado em Ramsey (1993), apresenta três critérios

determinantes: "(1) se é, de fato, um problema de natureza controvertida, ou seja, se existem opiniões diferentes a seu respeito; (2) se o tema tem significado social e (3) se o tema, em alguma dimensão, é relativo à ciência e à tecnologia." (p. 09-10). Para nós, um tema estará em consonância com o acrônimo CTS se, em alguma dimensão, estiver relacionando tecnociência e sociedade, de forma positiva ou negativa, e se nessas relações emergirem questões complexas ou problemáticas, segundo visões dos envolvidos.

A metodologia de desenvolvimento do curso de Matemática, quando se decide trabalhar com a Modelagem na perspectiva CTS, mesmo quando na situação realística, independentemente do número anual de atividades de Modelagem planejada pelo professor, é diferente daquela utilizada em um curso de Matemática desenvolvido tradicionalmente. Isso ocorre porque, quando o professor decide alterar sua prática inserindo nela alguma atividade de Modelagem na perspectiva CTS, faz parte dessa assunção debater questões complexas ligadas à Ciência e Tecnologia no dia-a-dia escolar. Assim, os alunos se mantêm em contato com assuntos considerados como possíveis temas para o trabalho. É importante que esses assuntos se tornem relevantes no dia-a-dia dos alunos, para que se percebam envolvidos, tanto como vítimas quanto como colaboradores, nessas complexas relações. Com isso, perceberão sua potencialidade e capacidade de promover mudanças locais que poderão resultar em mudanças regionais. Não se trata de mudar o outro, mas de mudar a si mesmos.

A questão da abrangência dos temas, ou seja, se se trata de algo muito amplo ou muito mais restrito, como seria o caso de escolher o tema "água", muito amplo, ou escolher o tema "derramamento de petróleo na água", que se configura como uma subdivisão do tema "água", não é vista por nós como problemática. Para uma atividade de Modelagem na perspectiva CTS, não importa se as questões complexas e problemáticas ligadas à Ciência e Tecnologia forem identificadas dentro de um tema ou se forem o próprio tema. O importante é que tais problemas serão estudados e compreendidos com o auxílio da linguagem matemática, e se espera que os alunos, embasados nos dados coletados e analisados e no conhecimento matemático prévio ou desenvolvido no momento da atividade, proponham soluções para tais problemas.

A escolha, portanto, é livre para os alunos. Essa liberdade, porém, é limitada por um conjunto universo cujas fronteiras coincidem com o

campo de questões CTS. Em outras palavras, os alunos são livres para escolher qualquer tema com potencial para a discussão das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Em determinado momento do ano, conforme planejamento do professor Lucas, seria realizada mais uma atividade de Modelagem⁸⁰. O professor iria começar o assunto "funções do primeiro grau" com a turma e queria desenvolver o conteúdo relacionando-o a questões CTS comuns à comunidade ou cidade da qual os alunos faziam parte. Eles já estavam envolvidos em um ambiente de estudos de temas CTS, conforme descrito anteriormente, e já era possível perceber suas questões preferidas, que costumavam ser recorrentes nas notícias e matérias apresentadas e comentadas pela turma.

O professor Lucas decidiu utilizar uma das duas aulas na sexta-feira para que os alunos pudessem escolher o tema e, em seguida, formar os grupos. O professor planejou utilizar para essa tarefa a aula de sexta-feira, para que os alunos tivessem o restante do dia e o final de semana para procurar informações sobre o tema com o qual iriam trabalhar. Além disso, os alunos ainda teriam tempo para pensar sobre as várias possibilidades de problematizações a respeito do tema escolhido. Os alunos decidiram que gostariam de trabalhar o tema "mobilidade urbana"⁸¹.

Esse tema é de grande relevância para os moradores da grande Florianópolis (segundo as visitas feitas a outras cidades brasileiras e os noticiários que temos acompanhado, esse problema está se tornando comum de norte a sul do País), pois se tem sofrido muito na cidade com as questões de mobilidade urbana. Com o crescimento rápido do número de carros circulando, mesmo as pessoas que não possuem carros ou que

⁸⁰ O relato aqui apresentado refere-se à segunda atividade de Modelagem desenvolvida pelo professor Lucas com a turma em questão. Mesmo sendo apresentado historicamente no final do ano letivo, o professor decidiu antecipar o estudo dos conteúdos gráficos e tabelas e desenvolver a primeira atividade de Modelagem focada no estudo desses conteúdos, por compreender que são conhecimentos necessários para a organização de dados, ação fundamental em atividades de Modelagem.

⁸¹ Inicialmente uns falaram em "veículos", outros em "carros", outros em "transporte coletivo", mas, após discutirem e receberem algumas orientações do professor Lucas, perceberam que todos estavam tentando se referir ao trânsito na cidade. O professor sugeriu a expressão "mobilidade urbana", por englobar todos os problemas surgidos durante o diálogo.

preferem utilizar o transporte coletivo, são prejudicadas, pois, como não existem faixas exclusivas para a circulação de ônibus, único meio de transporte coletivo utilizado na cidade, eles são consumidos pelo trânsito. Em ruas com pistas únicas, costumam ser responsáveis por grandes filas, pois muitos pontos não possuem recuos, e quando os ônibus param para coletar passageiros, todos os carros que vêm atrás deles também param. Nesses casos, o trânsito flui conforme o movimento do ônibus.

Após escolhido o tema principal, o professor passou à próxima fase da atividade: a constituição dos grupos para o trabalho.

4. A divisão da sala em grupos para o trabalho

Geralmente, trabalhos de Modelagem são desenvolvidos em grupo. O tamanho desses grupos pode variar de dois componentes a uma sala toda. Fica a critério do professor e da turma decidir os tamanhos dos grupos para o desenvolvimento das atividades. É preciso, porém, levar em consideração que, se os grupos forem muito pequenos, serão formados muitos grupos, o que demandará maior "correria" para o professor. Se os grupos forem muito grandes, podem camuflar alguns alunos que não costumam se envolver nas tarefas. Na atividade aqui descrita, após diálogo do professor Lucas com a turma, decidiu-se que os grupos teriam seis componentes.

5. A problematização dos temas

Quando a turma escolhe um tema, especialmente na perspectiva CTS de Modelagem, esse tema já foi pré-selecionado, inicialmente pelas limitações apresentadas pelo professor e, após alguns meses, naturalmente pelos próprios alunos. Dessa forma os temas selecionados sempre podem ser problematizados e essas problematizações têm relação com questões socioambientais derivadas das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Quando se opta por escolher um tema por grupo, o que não é o caso da atividade aqui descrita, cada grupo está direcionado a explorar problemáticas ligadas ao "seu" tema. Não há problema algum nisso, conforme já foi comentado anteriormente. Na atividade descrita aqui,

porém, o professor, em conformidade com o grupo, optou por trabalhar com apenas um tema geral, deixando com cada grupo a tarefa de identificar problemáticas ligadas a esse tema, discutindo e compreendendo essas problemáticas de forma a propor, ao final dos estudos, algum tipo de solução⁸². Esse modelo de trabalho possibilita maior compreensão de todo a turma sobre o tema escolhido.

Na perspectiva de Modelagem apresentada nesta tese, os autores diferenciam temas e problematizações desses temas. Os alunos escolhem o tema e, a partir de discussões acerca do tema escolhido, identificam e enunciam, em linguagem materna, questões CTS que se relacionam a ele. Portanto, a problematização diz respeito justamente ao cerne, ao coração da atividade de Modelagem. Embora o tema sirva para "demarcar" um campo geral no qual se inserem as atividades, a problematização pode direcionar os estudos de cada um dos grupos para diversas direções dentro do campo temático.

O momento da problematização, ou da elaboração dos problemas, ainda em linguagem materna, se configura como crucial, não apenas para o direcionamento do estudo em relação aos conteúdos matemáticos que se deseja explorar, mas para a elaboração de problemas cuja solução seja alcançável, isto é, não tão simples, para que os alunos percebam a necessidade de desenvolver novos conhecimentos matemáticos para compreender e propor uma solução, bem como não tão complexos, que façam os alunos desistirem após algumas tentativas frustradas. O professor trabalha intensamente nesse momento, orientando, por meio do diálogo, a cada grupo, auxiliando aos alunos na busca por clareza do problema proposto. Ter clareza daquilo que se quer compreender é fundamental para que se decida as estratégias a serem utilizadas, e essa clareza pode ou não se materializar na questão problemática que o grupo apresenta.

O tema escolhido pelos alunos para a atividade de Modelagem descrita nesse texto foi "mobilidade urbana". Como era esperado pelo professor Lucas, assim que os cinco grupos se separam e começaram a discutir sobre o assunto, as questões problemáticas foram surgindo e os grupos foram direcionando suas discussões em rumos diversos. O

⁸²Temos insistido em afirmar que os alunos apenas "propõem algum tipo de solução" para as questões problemáticas, por eles identificadas, e não que os alunos "solucionam o problema". A solução de problemas socioambientais, considerando raríssimas exceções, geralmente está além das possibilidades de um pequeno grupo de pessoas.

professor passou a participar das discussões nos grupos auxiliando os alunos na busca de questões problemáticas claras.

Os grupos, nomeados nessa descrição por letras maiúsculas de A a E, elaboraram as seguintes problematizações:

- Grupo A: o que custa menos: ir de carro ou de transporte coletivo? Nessa comparação importa somente o custo financeiro?
- Grupo B: como seria se Florianópolis utilizasse, além de ônibus, barcos para o transporte de pessoas?
- Grupo C: qual é a quantidade aproximada de combustível gasta por dia pelos veículos que circulam nas ruas de Florianópolis?
- Grupo D: que impactos poderia ter uma política municipal de valorização, respeito e acessibilidade ao ciclista na cidade de Florianópolis e como isso poderia acontecer?
- Grupo E: como solucionar o problema da falta de vagas para estacionar em Florianópolis?

Os grupos **A** e **B** estavam pensando em trabalhar questões semelhantes. O professor conversou com os dois grupos e falou que não haveria problema se trabalhassem dessa forma, mas enfatizou que seria interessante que cada grupo desenvolvesse uma problematização diferente para que se tivesse uma melhor visão do todo ao final dos trabalhos. Esse tipo de mediação do professor é importante, pois em um diálogo com os grupos, utilizando-se de sua experiência, ele tem condições de mediar situações de conflito, bem como apontar horizontes que serão interessantes, tanto para a discussão temática, quanto, especificamente em atividades desenvolvidas no âmbito da situação realística, para o estudo dos conteúdos matemáticos que planejou.

6. A utilização da Matemática para auxiliar na compreensão dos problemas e na proposição de soluções e a testagem dos modelos, quando existirem.

Optamos por relatar, o mais minuciosamente possível, a atividade de apenas um dos grupos, dado que a ideia aqui é mostrar como uma atividade de Modelagem na perspectiva CTS se desenvolveria. Dessa forma, apresentamos a seguir o trabalho do **grupo A**.

O **grupo A** estava interessado em compreender porque tantas pessoas usam seus carros ao invés do transporte coletivo para se locomover em Florianópolis. A discussão principal girava em torno do custo da locomoção carro x ônibus, mas logo se levantaram outras problemáticas que envolvem essa comparação, tais como: o custo financeiro é o único a ser levado em consideração? Que tipos de impactos ambientais são causados pelo excesso de carros nas ruas? O excesso de carros nas ruas é problema dos motoristas ou problema de todos? De quem é a culpa?

O professor Lucas orientou que os alunos buscassem novas informações, agora relacionadas especificamente à sua problematização. Ele também orientou que cada grupo tomasse conhecimento acerca das problemáticas levantadas pelos demais grupos, pois, ao buscarem informações sobre a sua problemática, poderiam encontrar reportagens ou documentários que servissem aos colegas e assim, fazerem uma rede de colaboração.

A primeira ideia do **grupo A** foi fazer uma comparação entre os valores gastos por uma pessoa com transporte coletivo e com carro, para cobrir o mesmo trajeto. Com essa comparação o grupo pensava poder determinar se os custos financeiros eram o principal diferencial para que tantas pessoas preferissem utilizar o veículo particular ao transporte coletivo. Esses custos com um ou outro tipo de transporte foram levantados por meio de pesquisas, principalmente na *Internet*, bem como por pesquisas em postos de combustíveis próximos às residências dos alunos.

Os principais dados levantados foram:

- tarifa do transporte coletivo;
- preço do combustível (gasolina);
- média de consumo de combustível por carros populares em vias urbanas;
- número de pessoas por carro;
- distâncias a serem percorridas.

A tarifa do transporte coletivo na cidade de Florianópolis na época da atividade era, quanto para em dinheiro, R\$ 2,90 e quando paga com cartão recarregável específico, custava R\$ 2,70. A gasolina custava, na época, a média de R\$ 2,90/litro, sendo o principal tipo de

combustível utilizado pelos motoristas dado o seu custo benefício em relação ao etanol⁸³.

Baseados em um estudo apresentado pelo *site* exame.com, cujos dados foram coletados junto ao Inmetro⁸⁴, os alunos decidiram fixar o consumo dos carros populares no trânsito urbano em uma média de 12 km/l. Para o número de passageiros por carro particular, os alunos fizeram observações nas ruas e chegaram nos seguintes dados aproximados⁸⁵:

Número de pessoas por carro em Florianópolis	Participação na composição do trânsito - aproximadamente
uma pessoa	70%
duas pessoas	22%
três pessoas	5%
quatro pessoas	2,5%
cinco pessoas	0,5%

QUADRO 15

Para essa atividade os alunos decidiram considerar apenas os veículos que transportavam uma pessoa.

As distâncias a serem percorridas foram selecionadas, inicialmente, pensando em algum trajeto do ônibus. Após algum tempo os alunos perceberam que o trajeto do ônibus não era importante, e sim, o local de onde se partiria e o local em que se desejava chegar, pois, na hora de medir o mesmo percurso a ser feito pelo carro, no *google*

⁸³ O etanol estava custando aproximadamente R\$ 2,40.

⁸⁴ Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

⁸⁵ Os dados foram coletados pelo autor em apenas uma observação num ponto de uma via de circulação em Florianópolis. Dessa forma, em uma pesquisa mais rigorosa, variando os pontos de observação e os horários, os dados podem revelar cenários diferentes, embora seja improvável que outros cenários divirjam significativamente do cenário aqui apresentado.

mapas⁸⁶, este sempre propunha um trajeto igual ou menor ao do ônibus. Assim que perceberam isso, os alunos decidiram que essa já poderia ser considerada uma primeira vantagem de ir de carro, ao invés de ir de ônibus.

O primeiro trajeto a ser comparado foi partir do Terminal de Integração do Centro - Ticen (A) e chegar na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (B), ambos os pontos na cidade de Florianópolis. Ao traçar a rota para carro no *google* mapas obteve-se o seguinte roteiro:

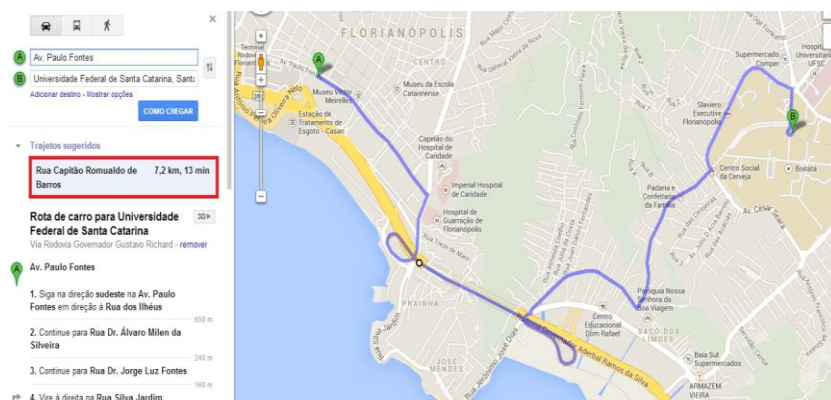


Figura 13 - Rota traçada no *Google Street View*

O retângulo vermelho apresenta a distância entre os dois pontos, 7,2 km, bem como o tempo (aproximado) gasto no trajeto, treze minutos. Alguns dos alunos que moram próximo ao local explicaram que nem sempre é possível fazer o trajeto em treze minutos, como sugere o *google* mapas. Para eles o site oferece o tempo "ótimo" para o trajeto, ou seja, se o motorista pegar a via sem tráfego intenso. Nos horários de pico, que para o trajeto são de manhã, dado o número de pessoas que estão vindo do continente e do centro da cidade para UFSC estudar ou trabalhar, ou após o almoço, quando as pessoas que foram almoçar em casa estão voltando ao trabalho, bem como aqueles que vem

⁸⁶ Site em que se pode interagir no mapa da cidade, marcando um ponto de origem, outro ponto de destino para que se trace uma rota de carro, a pé ou de transporte coletivo.

estudar à tarde, esse tempo sobe, pois há congestionamentos nessa área. Portanto, na hora de fazer os cálculos de consumo de gasolina pelo carro, é importante ter em mente que esse trajeto de 13 minutos pode durar muito mais que isso e que, segundo o *site* da revista quatro rodas, a cada hora em um congestionamento, um veículo popular gasta em média 1,5 litros de combustível. Isso é grave, pois perder, em média, duas horas por dia em congestionamentos no trânsito florianopolitano, para quem mora no continente, no sul ou norte da Ilha, é algo corriqueiro.

Dessa forma, ao fazerem os cálculos de custos de viagens de carros em Florianópolis, os alunos não levaram em consideração as filas causadas pelos congestionamentos, trabalhando com o tempo "ótimo" para um trajeto, o que gera um "custo mínimo", pois julgaram difícil determinar quanto tempo se perde em congestionamentos em cada viagem. Ao assumir essa hipótese, os alunos "ajeitaram" a variável gasto de combustível com uma aproximação, eliminando complexidades e diminuindo a precisão do modelo.

Além disso, eles decidiram que não levariam em consideração outros custos gerados por um veículo (impostos anuais, seguro, revisões, substituição de peças e pneus, etc.), pois muitas pessoas decidem por ter carros para viagens mais longas nos finais de semana, feriados e férias. Esses "custos extras", excetuando-se os custos com peças desgastadas e pneus, não se alterariam muito, se o carro fosse usado somente para passeios ou também para locomoção diária. Assim, decidiu-se que o único custo a ser considerado, no caso do carro, seria o do combustível.

Na hora de calcular o custo de uma viagem de carro entre os pontos **A** e **B**, apresentados anteriormente, os alunos perceberam que seriam necessários alguns conhecimentos matemáticos por eles estudado em anos anteriores⁸⁷. A questão do cálculo do consumo de combustível do carro para uma distância de 7,2 km necessitava, de fato, do conhecimento de proporcionalidade e uma ferramenta matemática útil nesse momento seria a regra de três simples. Eles sabiam que um carro popular percorre, em média, 12 km com um litro de combustível, porém, para 7,2 km, qual seria o consumo?

⁸⁷O professor pode incentivar o uso de calculadoras em atividades como essa, pois as máquinas fazem o trabalho mecânico, enquanto os alunos ganham tempo para pensar sobre a elaboração de questões e as possibilidades de resolução dessas questões.

Utilizando a regra de três simples, os alunos fizeram os cálculos e descobriram que, para ir e voltar do terminal do centro até à UFSC, percorrendo 14,4 km, seriam gastos aproximadamente 1,2 litros de gasolina. Considerando o preço médio de R\$ 2,90 por litro de gasolina, o custo da viagem giraria em torno de R\$ 3,48.

O professor Lucas questionou os alunos sobre a dificuldade de se utilizar, a cada novo percurso estudado, a regra de três simples. Ele insistiu com os alunos para que desenvolvessem uma expressão matemática que daria a quantidade de combustível gasto para qualquer distância percorrida.

Essa atitude mostra como o professor pode incentivar os alunos (em alguns casos até ajudá-los), no sentido de trazer à tona a necessidade de se utilizarem conhecimentos matemáticos por planejados durante a atividade de Modelagem. Ao incentivar os alunos a desenvolverem uma expressão matemática para relacionar gasto de combustível e distância percorrida, o professor pensava trazer à discussão o conteúdo de funções do primeiro grau.

Percebendo a dificuldade dos alunos, o professor decidiu dar um exemplo no quadro. Para isso, mostrou aos alunos que a gasolina tem um preço fixo por litro, e que, com esse preço fixo, era possível calcular quanto se pagaria por qualquer quantidade de gasolina comprada. Seu primeiro passo foi incentivar os alunos a tentarem dizer como se calculava o preço a ser pago no instante do abastecimento. Vários alunos de toda a turma responderam que bastava multiplicar a quantidade de litros de gasolina pelo valor de cada litro. Então o professor apresentou a seguinte expressão:

Valor a ser Pago = Número de Litros x Valor pago por Litro de gasolina

$$V = L \times 2,90$$

Por fim, o professor Lucas disse que essa era uma expressão matemática utilizada para calcular o valor a ser pago, no momento em que se abastecia o carro em um posto cujo valor do litro de gasolina era R\$ 2,90. - Agora, disse ele, os integrantes do **Grupo A** poderão utilizar a mesma idéia e desenvolver uma expressão para o cálculo da quantidade de combustível gasta por um carro em função da distância percorrida, pois isso facilitaria a comparação dos custos de se utilizar carros ou ônibus.

Um dos alunos perguntou ao professor se poderia usar a regra de três simples para desenvolver a expressão, e apresentou o seguinte cálculo ao professor:

$$\frac{12 \text{ km}}{\text{Distância km}} = \frac{1 \text{ litro de gasolina}}{\text{Consumo em litros}}$$

Feitas as simplificações, obteve:

$$\text{Consumo em litros} = \frac{\text{Distância em km}}{12 \text{ km}}$$

Abreviando,

C = Consumo, em litros

D = Distância percorrida, em km

$$C = \frac{D}{12}$$

O professor incentivou que testassem a expressão para determinar se daria certo ou não. Os alunos trabalharam especialmente com os múltiplos de 12 e perceberam que a expressão estava correta. Porém, o professor Lucas problematizou a expressão desenvolvida pelos alunos, desafiando-os a complexificarem a expressão, de forma a calcular a quantia a ser gasta com gasolina em função da distância percorrida. Os alunos levaram algum tempo para determinar como ficaria a expressão, até concluírem o seguinte: se o resultado dessa expressão será a quantidade de litros de gasolina gastos para o trecho percorrido que desejamos saber, então basta multiplicar esse resultado pelo valor do litro de gasolina que estamos usando (R\$ 2,90) e chegaremos ao custo. Após ajustes, chegaram ao seguinte resultado:

$$\text{Valor a ser pago} = \frac{\text{Distância em km}}{12 \text{ km}} \times \text{valor pago por litro de gasolina}$$

Abreviando,

V = Valor a ser pago, em R\$

D = Distância percorrida, em km

$$V = \frac{D}{12} \times 2,90$$

O professor Lucas, então, estimulou os alunos a trabalharem nas comparações entre as viagens de carro e coletivo.

Um dos alunos, porém, perguntou se não seria necessário escrever uma expressão matemática para o cálculo dos custos das viagens de transporte coletivo. Ele e os demais foram incentivados a discutirem sobre como ficaria essa expressão. Após alguma discussão, um dos alunos disse que não era necessário desenvolver uma expressão, pois a tarifa de ônibus era sempre a mesma, ou seja, não importava quantos quilômetros o passageiro andasse no ônibus, pois sempre pagaria um mesmo valor. Mesmo assim o professor incentivou os alunos a escreverem uma expressão, que ficou assim:

$$\text{Valor a ser pago} = 2,70$$

Abreviando:

$$V = \text{Valor a ser pago, em R\$}$$

$$V = 2,70$$

O professor Lucas disse que esse era um exemplo de função constante, pois não importava a distância percorrida pelo passageiro; ele sempre pagaria uma quantia constante, ou seja, R\$ 2,70⁸⁸.

Para comparar os custos em função das distâncias percorridas e estimulados pelo professor, os alunos criaram uma tabela, cujos cálculos ficaram assim:

Distância a percorrer em km (ida ou volta)	Custo para percorrer de carro em R\$⁸⁹	Custo para percorrer de ônibus em R\$
1	0,25	2,70
2	0,49	2,70
3	0,73	2,70
4	0,97	2,70
5	1,21	2,70

⁸⁸ Os alunos optaram por utilizar a tarifa de R\$ 2,70, por considerarem que quem tem que fazer o percurso todos os dias acaba por adquirir o cartão com créditos de passagens mais barato.

⁸⁹ Os valores foram aproximados sempre para cima.

6	1,45	2,70
7	1,7	2,70
8	1,94	2,70
9	2,18	2,70
10	2,42	2,70
11	2,66	2,70
12	2,90	2,70
13	3,15	2,70
14	3,39	2,70

QUADRO 16

Após elaborarem a tabela comparativa de valores, os alunos perceberam que, em alguma distância entre 11 km e 12 km, havia uma transição entre o meio de transporte mais vantajoso. O professor Lucas desafiou o grupo a descobrir exatamente a distância em que essa transição ocorria. Muitos dos alunos procuraram fazer por tentativas, mas o professor insistiu que eles pensassem acerca do problema, pois havia uma forma mais simples de resolver aquela situação. Com alguma participação do professor Lucas, os alunos conseguiram perceber que, ao igualarem a expressão matemática usada para calcular os custos de locomoção com carro ao valor da tarifa do ônibus, eles descobririam a

$$V = \frac{D}{12} \times 2,90$$

$$2,70 = \frac{D}{12} \times 2,90$$

$$\frac{2,70 \times 12}{2,90} = D$$

$$D = 11,173 \text{ km}$$

distância exata. O resultado para o cálculo foi:

Os alunos concluíram que, para distâncias menores que 11,2 km, seria melhor ir de carro, mas para distâncias maiores, financeiramente, passava a ser mais vantajoso ir de ônibus.

Nesse momento, outros grupos também já estavam desenvolvendo expressões matemáticas relacionadas às suas problematizações. Dessa forma, o professor convidou os alunos para que fossem à sala de informática da escola, onde o professor os ensinaria a construir gráficos usando planilhas eletrônicas.

Os alunos produziram duas tabelas de dados no *calc*⁹⁰ e, a partir dessas tabelas e instruções do professor, produziram também os gráficos. Eles perceberam que retas foram traçadas em ambos os casos. O professor falou do tipo de expressão matemática por eles elaboradas, nomeou-as como funções do primeiro grau e afirmou que elas sempre resultam em retas, no caso do exemplo do custo para se viajar de carro, com inclinação positiva, pois a função elaborada era crescente. O professor mostrou ainda um caso em que, à medida que aumentam os valores para uma variável, diminuem-se os valores da outra. Ele relacionou a quantidade de combustível no tanque do carro com a distância percorrida, ou seja, em uma viagem, à medida que a distância percorrida aumenta, diminui a quantidade de combustível no tanque. Nesse caso, mostrou que a inclinação da reta resultante seria negativa, pois ela resulta de uma função decrescente.

Ao **grupo A** o professor ainda lançou um desafio: traçar as duas retas em um mesmo plano cartesiano e, com sua, ajuda os alunos desenvolveram a tarefa. O resultado é apresentado no gráfico seguinte.

⁹⁰ *Calc* é um *software* de planilha eletrônica multiplataforma de código aberto que faz parte do pacote do *openoffice*.

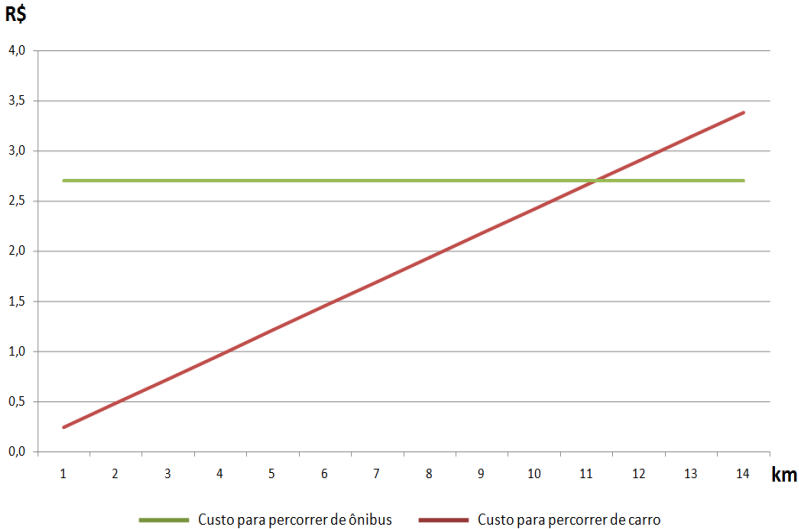


Figura 14 - Comparação de custos para percorrer uma mesma distância utilizando diferentes meios de transporte

Para finalizar essa primeira parte da tarefa, os alunos confirmaram o que já haviam percebido antes: se o usuário percorrer distâncias menores que 11,2 km, vale a pena ir de carro, mas para qualquer distância maior que isso, por exemplo, se você vai vir de Canasvieiras ao centro, vale a pena utilizar o transporte coletivo, pois, se optar por fazer o trajeto de carro, não percorrerá menos que 26 km, gastando aproximadamente R\$ 6,50, contra R\$ 2,70 de tarifa da linha 210, Canasvieiras - Direto.

Mas será que é tão simples assim? Será mesmo que essa solução baseada em um argumento matemático é, de fato, a melhor solução?

Ao lançar questões como essas, o professor Lucas mostrou que tal situação apresenta um grau muito maior de complexidade. Na argumentação com o grupo, ele foi apresentando novos elementos, que problematizaram a solução inicial apresentada pelos alunos, mostrando-lhes que a solução matemática apresentada nem sempre exprime toda a complexidade envolvida na situação, relembrando que o modelo matemático encontrado era resultado de algumas escolhas feitas pelos

alunos e, dessa forma, se tivessem feito outras escolhas ou incluído outros elementos, o modelo, seguramente, seria outro.

Os alunos, por sua vez, comentaram que, ao longo do trabalho, foram se deparando com diversas reportagens que defendiam veementemente um investimento maior em ciclovias. Um dos grupos estava trabalhando com essa problemática e também comentava sobre o assunto. Os alunos perceberam que muitos dos percursos que, segundo o modelo desenvolvido, seriam mais adequados para se fazer de carro, na verdade poderiam ser feitos de bicicleta. Eles apresentaram uma reportagem, enviada a eles pelo **grupo D**, em que um ciclista participa de um teste de mobilidade em um dos percursos mais críticos da Grande Florianópolis, saindo da Estação Palhoça (em Palhoça), indo até o Terminal de Integração do Centro (Ticen), em Florianópolis, em uma manhã de quarta-feira. Além do ciclista, o trajeto também foi percorrido por um carro e por um ônibus circular, que partiram ao mesmo tempo. O ciclista completou o percurso após 55 minutos. Ele foi o primeiro a chegar, tendo uma vantagem de 2 minutos sobre o carro e de 10 minutos sobre o ônibus. Essa reportagem foi marcante para os alunos, que se posicionaram de forma favorável à utilização de bicicletas para trajetos de até 10 km.

Alguns dos alunos voltaram a discutir a respeito do primeiro trajeto estudado, entre o Terminal de Integração do Centro (Ticen) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), afirmando que o melhor meio de transporte para cumprir tal trajeto seria a bicicleta, dada a curta distância de 7,2 km. Outros argumentaram, porém, que fazer esse mesmo trajeto de bicicleta é muito arriscado, pois não há ciclovias nas vias utilizadas. Uma alternativa para percorrer o trecho de bicicleta seria passar pela ciclovia da Avenida Beira Mar. Embora o percurso seja aumentado em, pelo menos, 2 km, não há subidas íngremes, e o visual é bellissimo, compensando a tarefa.

O professor Lucas trouxe para a essa aula cópias de um pequeno texto publicado no *site* da Associação Brasileira do Veículo Elétrico, cujo título é: "Para onde vai a energia num veículo convencional?". Esse texto apresenta dados sobre a eficiência energética de motores de combustão interna (motores utilizados nos nossos veículos). Para a associação já nomeada, o aproveitamento de combustível para movimentar um veículo ou acionar acessórios, tais como ar condicionado, não passa de 15%. Em outras palavras se está afirmando que, para cada litro de combustível, apenas 150 ml são aproveitados de

forma útil pelo veículo. O restante da energia gerada pela queima do combustível é perdida no motor de combustão interna, na transmissão ineficiente e no funcionamento do motor com veículo parado (congestionamento, sinais de trânsito etc).

Com uma posição menos pessimista, em uma situação apresentada no texto P6, Auler (2007), ao problematizar sobre o "consumo" de energia por pessoa, por quilômetro rodado, em um ônibus ou em um carro particular, afirma que

dependendo dos valores adotados (número de pessoas que viajam num carro, num ônibus, quilômetros rodados com um litro de gasolina/óleo diesel), chegou-se a resultados em que, no carro particular, o consumo (degradação) de energia é sete vezes superior ao transporte coletivo (ônibus) (p. 12).

Mais adiante o autor afirma que "tanto no ônibus quanto no carro particular (motor de combustão interna) o rendimento não passa de 30%" (AULER, 2007, p. 14). Isso significa que, de cada litro de gasolina utilizado pelo motor, apenas 300 ml são efetivamente aproveitados pelo veículo.

Diante da leitura do texto e de algumas colocações feitas pelo professor sobre o assunto, os alunos ficaram surpresos. Um dos componentes do **Grupo A** apresentou a seguinte argumentação: "a ineficiência dos motores dos carros não desmente a noção de que a ciência e a tecnologia estão extremamente avançadas?". O professor Lucas afirmou que nem sempre existe grande interesse por parte, tanto de quem faz ciência e tecnologia, quanto de quem libera os financiamentos para essas atividades, que se trabalhe em uma frente que busca aperfeiçoar e otimizar o consumo de recursos. Ele afirma que existem questões socio-político-econômicas que norteiam as decisões dos envolvidos na atividade científica e tecnológica e que, nem sempre, o bem estar da população e a sustentabilidade são levados em consideração.

Outro aluno afirmou que toda a discussão que haviam feito na última "semana e meia" teria sido inútil. Para o aluno, carros ou ônibus se equivaleriam, já que ambos os veículos eram movidos por motores que desperdiçam energia. Outro aluno, porém, imediatamente pronunciou a expressão "dos males, o menor", e continuou: "melhor que

se utilizem ônibus, pois quantos menos carros nas ruas, menos desperdício de tempo e combustível em congestionamentos".

Em meio aos comentários sobre o rendimento de motores, o professor falou a respeito dos motores elétricos. Esses motores apresentam uma eficiência energética de 75% a 95%, ou seja, alguns são tão eficazes que triplicam a eficiência dos motores à combustão interna. O professor pediu aos alunos que pesquisassem sobre a utilização de tais motores em veículos e apresentassem alguma argumentação sobre o assunto. Ele ainda orientou que os alunos procurassem no *site* da Associação Brasileira do Veículo Elétrico, pois a instituição apresentava inúmeras informações sobre o assunto.

Os alunos conseguiram várias informações sobre o assunto e mostraram entusiasmos ao falar sobre o assunto na aula seguinte. Eles afirmaram que existiam dois tipos de carros elétricos: aqueles que utilizam apenas energia armazenada em baterias, ou seja, 100% elétricos, e os chamados carros híbridos, que possuem um motor a combustão, combinado com um gerador elétrico. Segundo os alunos do **grupo A**, existiam, na época, cerca de 4,5 milhões de carros híbridos e cerca de 200 mil carros elétricos em plena circulação pelo mundo. Eles estariam concentrados, principalmente, nos Estados Unidos, Japão e Europa. No Brasil, segundo os dados dos alunos, haviam poucos carros elétricos. Do início a meados de 2013, apenas cerca de 230 veículos elétricos haviam sido licenciados no país, o que já representou um crescimento significativo em relação ao ano de 2012, em que apenas 117 veículos da mesma natureza receberam o licenciamento.

Mas porque no Brasil há tão poucos carros elétricos em atividade, perguntou o professor Lucas aos alunos. Os alunos afirmaram que, segundo uma matéria que leram, a alta carga de impostos sobre esses veículos chegava a ultrapassar 120%⁹¹, fazendo os veículos alcançarem preços exorbitantes de cerca de R\$ 200 mil a unidade. Outros fatores problemáticos quanto à viabilidade do carro elétrico, não apenas no Brasil, mas em todo o mundo, também foram citados pelos alunos, dentre eles, os problemas em relação ao armazenamento de energia. Primeiramente, a capacidade de armazenamento de energia das baterias utilizadas atualmente ainda é muito pequena. Segundo, o custo de

⁹¹ A composição dos impostos se dá da seguinte forma: 35% de imposto de importação, mais 55% de IPI, mais 13% de PIS/COFINS, mais 12 a 18% de ICMS, dependendo do estado.

produção dessas baterias é muito elevado, além de serem muito pesadas. Apenas para ilustrar, um dos alunos falou de uma reportagem afirmando que, segundo a montadora Fiat, o custo para importar uma bateria da Europa para o Brasil, considerando o preço e os impostos, podia chegar a R\$ 100 mil.

Dessa forma, o professor juntamente com o grupo, concluiu que são necessários bons investimentos nessa frente, para que se desenvolva tecnologia capaz de viabilizar a produção e utilização de carros elétricos. Por outro lado, deduziram que não adianta simplesmente trocar os carros movidos a combustíveis fósseis por carros elétricos, pois, embora se tenha um ganho muito importante no que diz respeito à praticamente anulação de emissão de poluentes (motores elétricos não emitem gases), os congestionamentos continuariam a existir.

Para o grupo, o ganho seria no sentido de se desenvolverem ônibus elétricos, que poderiam se locomover por vias exclusivas, aumentando a eficiência do transporte coletivo. O professor falou da existência de outros meios de transporte coletivo que utilizam eletricidade retirada diretamente de cabos elétricos suspensos, como é caso dos bondes elétricos, Tram⁹², Luas⁹³, metrô, trens, dentre outros, que também poderiam ajudar a melhorar a qualidade da mobilidade urbana em Florianópolis sem o incômodo da emissão de gases poluentes.

Após comentar sobre o comportamento da indústria automobilística, que incentiva a compra de automóveis pela população em geral, o professor Lucas lançou mais uma questão ao grupo. Ele questionou sobre as possíveis responsabilidades que essas empresas teriam sobre os problemas de mobilidade urbana, que é recorrente nas principais cidades brasileiras e até em outros países. Alguns alunos comentaram sobre o fato, alegando que as pessoas compram carros, logo, comprariam também a responsabilidade sobre esses veículos. Outros concordaram que, dados os grandes lucros das montadoras devido à grande quantidade de carros vendidos que, se não bastasse, cresce a cada ano, elas deveriam ser corresponsáveis pelo que é feito com o produto que põem no mercado. O professor comentou que, embora essa seja uma ideia absurda para os empresários e investidores

⁹² Tipo de bonde elétrico que circula nas ruas de Amsterdam.

⁹³ É uma palavra na língua irlandesa para "velocidade". Também nomeia um tipo de bonde elétrico que circula nas ruas de Dublin.

do setor automobilístico, faz muito sentido que essas empresas invistam em melhorias dos locais públicos em que seus produtos irão circular.

O professor continuou sua explanação, afirmando que as montadoras de automóveis têm criado novos modelos, modificando aqueles já existentes e investido pesado em propagandas que visam incutir no cidadão a "necessidade" de consumir um veículo ou trocar aquele que já possui. Não há uma regulação governamental que obrigue as grandes marcas automobilísticas a investir, não só na produção de novos modelos, mas, especialmente, em tecnologias que permitam melhor o aproveitamento de combustíveis, de forma a otimizar o desempenho dos motores utilizados em carros, caminhões e ônibus. Os alunos se envolveram nos comentários, e um deles afirmou que o governo poderia impor a meta, por exemplo, de uma melhoria de 5%, em um período razoável de tempo, no desempenho dos motores e não filtragem de gases poluentes. As empresas poderiam também ficar condicionadas a só poderem lançar um novo modelo, ou modificar um modelo já existente, se atingissem determinadas metas relacionadas à otimização dos seus produtos. Isso obrigaria as grandes marcas automobilísticas a investirem ainda mais em centros de pesquisa especializados em otimização, o que poderia trazer benefícios à sociedade, bem como ao meio ambiente.

Após as discussões, esse grupo elegeu alguns itens que, segundo eles, deveriam ser priorizados pela administração pública da cidade em se tratando da mobilidade urbana. Esses itens são enumerados a seguir.

- Construção de ciclovias e ciclofaixas, bem como incentivos à utilização de bicicletas no dia-a-dia. (Para eles as bicicletas podem substituir os carros, já que, segundo os estudos do grupo, só valeria a pena utilizar carros para viagens curtas);
- Investimentos massivos na melhoria, ampliação e diversificação do transporte coletivo em toda a extensão da cidade. (Eles citaram a construção de corredores com pistas exclusivas para ônibus, construção de linhas para metrô suspenso, construção de teleféricos, ligando o centro da cidade ao continente e à universidade federal, e a utilização de barcos para o transporte de passageiros, aproveitando o fato de que grande parte da cidade de Florianópolis está situada na Ilha de Santa Catarina);
- Implantação de uma política de rodízio de automóveis, segundo a qual determinados carros, de acordo com o algarismo final da placa, não poderiam circular em determinados dias da semana;

- Implantação de praças de pedágios no centro da cidade. Essa medida seria acompanhada do fechamento de estacionamentos no centro, funcionando como fatores de desencorajamento para que se viesse de carro ao centro da cidade de Florianópolis. Essa medida gerou uma longa discussão no grupo, pois alguns dos integrantes acharam a medida imparcial. Para esses alunos, pessoas com melhor poder aquisitivo não teriam problema algum para pagar os pedágios, além de não terem problema em alugar uma vaga para estacionar em algum prédio da região central. Para esses alunos, pessoas com menor poder aquisitivo seriam as únicas penalizadas por essa medida. Um aluno utilizou uma frase pronta para tentar convencer o grupo. Ela disse que "país desenvolvido não é aquele em que os mais pobres andam de carro; mas aquele em que os mais ricos andam de transporte público");
- Imposição de normas de otimização de produtos, especialmente motores, a todas as empresas automobilísticas cujos veículos circularem pela cidade. Essas normas seriam em forma de metas a serem cumpridas pelas empresas durante um intervalo de tempo. Caso não cumprissem tais metas, além de ficarem proibidas de lançarem novos modelos de carros ou modificarem modelos já existentes, também sofreriam multas.

Terminadas as atividades dos diversos grupos, alguns com discussões mais profundas e produtivas, outros, nem tanto, o próximo passo seria cada grupo elaborar alguns encaminhamentos a serem apresentados a órgãos ou entidades que se julgasse adequados. Apresentam-se a seguir tais encaminhamentos.

7. A elaboração de encaminhamentos por cada grupo

Segundo P1, a partir das discussões de temas, seria importante evidenciar o poder de influência que os alunos podem ter como cidadãos, bem como as questões éticas e os valores humanos relacionados à Ciência e à Tecnologia emergentes do tema estudado. Dessa forma, será importante que o professor oriente os alunos no sentido de que elaborem uma listagem de encaminhamentos, a partir de seus estudos, problematizações e conclusões, que poderá ser

transformada em uma listagem única, incluindo itens dos trabalhos de todos os grupos, e que determinem a que órgão⁹⁴ ou responsável essa listagem deveria ser enviada.

Dessa forma, passamos a apresentar a elaboração desenvolvida pelo **grupo A** após a atividade descrita.

O Grupo decidiu que enviaria seus encaminhamentos à Câmara de Vereadores e à Prefeitura Municipal, e os encaminhamentos apresentados foram os seguintes:

“Aos Senhores gestores do município de Florianópolis: Nós, alunos do 9º ano da Escola Estadual de Educação Básica Ilha da Magia, após um estudo simplificado sobre a mobilidade urbana em nossa cidade, especificamente sobre a problemática que envolve a utilização de transporte coletivo ou automóvel particular, apresentamos algumas considerações sobre o estudo e gostaríamos de receber algum retorno de vossas senhorias.

Segundo resultados de um estudo matemático que desenvolvemos, considerando a nossa opção por apenas algumas variáveis em detrimento de outras, só é vantajoso para uma pessoa sair de casa de carro particular⁹⁵ se o deslocamento, considerando apenas a ida, for maior que 11,2 km. Por outro lado, consideramos que distâncias iguais ou menores que 10 km são facilmente percorridas por ciclistas e, dessa forma, seria mais vantajoso ir de bicicleta a utilizar o carro. Feita essa consideração e, a partir dela, recomendamos investimentos maciços na construção de ciclovias e ciclofaixas, criando uma malha interligada de vias de locomoção para ciclistas, possibilitando, com isso, meios para que menos carros deixem as garagens todos os dias.

Aliado à construção de vias para a circulação de bicicletas, seria importante maior investimento no transporte coletivo público, de forma que o ciclista possa, caso necessite voltar de ônibus, tenha possibilidades de trazer sua bicicleta consigo. Essa medida pode funcionar como um fator positivo, no sentido de dar oportunidade a quem não consegue (ainda) fazer a viagem de ida e volta com a bicicleta, para que faça um dos trechos pedalando e o outro de ônibus.

⁹⁴ Prefeitura, Câmara de Vereadores, direção da escola, organizações não-governamentais, associações de moradores, empresas privadas etc.

⁹⁵ Segundo nossa pesquisa, cerca de 70% dos carros que circulam na cidade levam apenas o motorista. Dessa forma, esse estudo considerou veículos particulares que levam apenas uma pessoa.

Outra recomendação refere-se à qualidade, quantidade e diversidade de meios de transporte coletivo atendendo à cidade. A cidade está na contramão da mobilidade sustentável, e o número de usuários do transporte coletivo tem diminuído a cada ano. Pessoas preferem ir de carro, porque a qualidade do serviço oferecido pelo transporte coletivo é ruim. Segundo nossos estudos, seria preciso pensar mais no transporte coletivo e menos na melhoria de possibilidades para que se utilizem carros particulares.

Um primeiro passo seria, seguindo o exemplo bem sucedido da cidade de Curitiba, a construção de canaletas exclusivas para ônibus BRT (sistema rápido de transporte por ônibus), para os principais pontos da cidade. Aliada a essa ação, deveriam ser implantadas vias de transporte pelo mar, de forma integrada ao transporte coletivo terrestre. Barcas poderiam transportar passageiros para o norte e sul da Ilha, regiões castigadas pelos congestionamentos. Além disso, essas barcas também poderiam funcionar interligando a Ilha ao Continente, com diversos pontos de um lado e do outro. Com a infraestrutura do transporte marítimo construída, moradores de municípios da Grande Florianópolis, como São José, Palhoça e Biguaçu, que estudam ou trabalham em Florianópolis, poderiam ser beneficiados. Bastaria que linhas de barcas servindo a esses municípios também fossem criadas. Seriam inúmeros os veículos retirados de circulação nas ruas da cidade, desafogando o trânsito.

Com essa estrutura em funcionamento, poderia ser implantado um sistema de rodízio de automóveis em horários de pico, a exemplo do que já é feito na cidade de São Paulo. Um mesmo veículo, segundo o algarismo final de sua placa, poderia circular, em horário de pico, apenas quatro dias úteis por semana, sendo liberado para todos os veículos circularem nos finais de semana. Dessa forma, como existem 10 possibilidades para algarismos finais das placas, os veículos poderiam ser alocados em cinco grupos, como os cinco dias úteis da semana: no grupo um, os veículos com placas finais 0 e 1, no grupo dois os veículos com placas finais 2 e 3, e assim por diante. Em cada dia da semana, veículos incluídos em um desses grupos não poderiam circular em horários de pico, sob a pena de serem multados e até apreendidos, exceto em situações de extrema necessidade, como salvamento, por exemplo.

Embora essa seja uma medida considerada autoritária, havendo um sistema de transporte coletivo de qualidade, condição anterior à

implantação do rodízio de automóveis, ninguém seria prejudicado. Sabemos que, para pessoas com maior poder aquisitivo, o rodízio não funciona, pois elas acabam por adquirir um novo veículo, alternando o veículo utilizado dependendo da proibição do dia. Porém, é preciso acreditar que, em dado momento, cada indivíduo passará a pensar no coletivo, pois isso é o que impulsiona o gestor público a propor mudanças.

A cidade também deve cobrar, por meio de medidas legais criadas na Câmara de Vereadores, maior participação das empresas que produzem e vendem automóveis. Tais empresas, conforme sua participação no mercado, devem oferecer recursos para a implantação das melhorias aqui propostas; afinal, as ruas estão tomadas por carros construídos e vendidos por elas e, embora esses veículos tenham trazido benefícios, também trouxeram problemas, inclusive para pessoas que não possuem carros.

Por fim, acreditamos que Vossas Senhorias, na posição de gestores, já têm projetado algo para a melhoria da mobilidade urbana na cidade, mas reiteramos que isso não chega nem perto de ser suficiente, pois essas melhorias não têm chegado à população. Assim, esperamos que nos dêem algum posicionamento acerca de nossas sugestões.

Após a apresentação dessas considerações, o professor Lucas provocou o grupo com a seguinte questão: - Não seria muito mais fácil se deixássemos as questões da mobilidade urbana para serem resolvidas por especialistas no assunto? Vale realmente a pena nos preocuparmos com algo que poderá ser resolvido de um momento para outro por meio da atividade científica e tecnológica?

Os alunos ficaram um pouco desconfiados a respeito desses questionamentos, mas um aluno mais participativo afirmou que, das três, uma: ou os especialistas não existem, ou são extremamente incompetentes, ou estão agindo segundo outros interesses, que não o de melhorar a situação caótica do trânsito em Florianópolis. Outro aluno, de forma espontânea, olhou para o professor Lucas e perguntou: "professor, os carros não são resultado da atividade científica e tecnológica?". O professor respondeu "certamente", balançando a cabeça positivamente, e o aluno continuou: "carros foram desenvolvidos e aprimorados para melhorar a capacidade de locomoção das pessoas, certo?". O professor Lucas novamente concordou. Então o aluno finalizou seu raciocínio: "então professor, a Ciência e a Tecnologia nos deram carros excelentes para que resolvêssemos os problemas de

locomoção, mas essa solução nos trouxe novos problemas de diversas ordens, inclusive e especialmente de locomoção. Não é possível deixar que a Ciência e a Tecnologia resolvam os nossos problemas, porque cada solução proposta traz novos problemas, criando um ciclo inacabável". O professor Lucas sorriu, elogiou o comentário do aluno, concordou com ele e comentou: - De fato, os agentes de mudança, de transformação da sociedade somos nós. Nós precisamos participar, alterando o modelo decisório que atribui grandes poderes a indivíduos com interesses próprios e que, muitas vezes, colocam esses interesses acima dos interesses da coletividade.

Trazer essas discussões para a o âmbito escolar significa apresentar aos alunos novas possibilidades para intervenção social, a fim de provocar modificações. Primeiramente, precisamos estar aptos a participar das decisões acerca de investimentos de recursos públicos nos mais diversos tipos de pesquisas científicas. Decidir sobre o que pesquisar e em que frentes devem ser concentrados os esforços também são obrigações de todos os cidadãos. Precisamos nos aproximar um pouco mais de um modelo decisório democrático, em que todos aqueles que contribuem, pagando impostos, participam ativamente das decisões.

Precisamos também estar aptos para aprovar ou não as pesquisas sobre o desenvolvimento de novos produtos ou alterações naqueles já existentes, pois, embora muitas empresas privadas desenvolvam seus aparatos com os próprios recursos, é na sociedade que eles serão testados e vendidos. Dessa forma, cabe a nós decidirmos se queremos ou não tais aparatos...

Após essas discussões, os grupos decidiram que cada qual enviaria sua carta com recomendações, preferindo, com isso, não sintetizar todas as recomendações em um mesmo documento. Para eles, quanto mais estudos fossem apresentados, maiores seriam os impactos de suas reivindicações.

Por fim, o professor pediu que cada grupo apresentasse seus estudos no grande grupo.

8. A socialização das atividades desenvolvidas no grande grupo.

Essa é a última etapa em uma atividade de Modelagem na perspectiva CTS. Nela, os alunos falam da sua problemática, os rumos

seguidos na atividade, a Matemática estudada e utilizada, as conclusões alcançadas, além de apresentarem as recomendações que elaboraram.

A partir da apresentação do **grupo D**, que havia discutido sobre os impactos de uma política municipal de valorização, respeito e acessibilidade ao ciclista na cidade de Florianópolis, uns alunos componentes o **grupo A** tiveram algumas ideias para integrar os dois trabalhos. O grupo insistiu em afirmar que o trabalho do **grupo D** complementava o trabalho do **grupo A** e vice-versa, e que seria muito interessante se eles pudessem integrar os seus trabalhos.

Aos poucos, eles foram percebendo que, por terem desenvolvido o estudo de várias problemáticas envolvidas em um mesmo tema, seus estudos estavam interligados. O professor Lucas afirmou que era como se cada grupo estivesse estudando uma das diferentes facetas de um mesmo objeto. Assim, os alunos foram construindo diversas relações entre as atividades de cada grupo, e, ao juntarem suas contribuições, perceberam que o resultado era bastante completo e bem detalhado.

A exploração de reportagens sobre temas CTS continuou pelo restante do ano, mesmo após o momento em que se desenvolveu a terceira e última atividade de Modelagem programada.