

## MODELAGEM NA PERSPECTIVA SOCIOCÍTICA: POSSÍVEIS APROXIMAÇÕES COM A EDUCAÇÃO CTS<sup>1</sup>.

*Everaldo Silveira*  
*Universidade Estadual de Santa Catarina*  
*derelst@hotmail.com*

*Ademir Donizeti Caldeira*  
*Universidade Federal de São Carlos*  
*miro@ufscar.br*

### **Resumo**

Esse texto objetiva discutir uma possível aproximação da Modelagem na perspectiva sociocrítica com os fundamentos da Educação na perspectiva da Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS<sup>2</sup>. Seu desenvolvimento se dá, inicialmente, discutindo alguns os efeitos sociais da Ciência e da Tecnologia e sua inserção na Sociedade. Em seguida, apresentamos a Modelagem na perspectiva sociocrítica e concluímos que as características da Modelagem, nesta perspectiva, apresentam-se como uma possibilidade para o desenvolvimento da educação matemática na perspectiva CTS.

**Palavras Chave:** Modelagem na Educação Matemática; Ciência, Tecnologia e Sociedade; Educação na Perspectiva CTS.

### **1. Introdução**

Inúmeros são os engenheiros, físicos, arquitetos, dentre outros profissionais que se dedicaram à criação e utilização da Matemática como ferramenta para compreender e descrever fenômenos das diferentes áreas do conhecimento. Como exemplo, poderíamos citar os trabalhos de Josiah Willard Gibbs, que descreve matematicamente situações relacionadas à dispersão de partículas, de Charles Augustin Coulomb, a matematização dos fenômenos referentes à eletricidade e o magnetismo, de André-Marie Ampère, que analisou matematicamente a correlação entre corrente elétrica, campo magnético e movimento, e de Oliver Heaviside, cuja contribuição passou a ser fundamental para a

---

<sup>1</sup> CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

<sup>2</sup> A Educação na Perspectiva da Ciência, Tecnologia e Sociedade será denominada, daqui por diante, de Educação CTS para evitar repetições muito longas.

solução de problemas de telegrafia e telefonia a longas distâncias, dentre outros. (VARGAS, 1996; BOYER, 1996).

Percebemos, a partir dos exemplos acima, uma convergência entre a matematização de fenômenos e utilização de conhecimentos elaborados nas respectivas áreas para o desenvolvimento de instrumentos tecnológicos. A partir dos estudos de Max Planck, por exemplo, publicados em 1900 sobre a natureza da energia, foi possível o desenvolvimento tecnológico em diversos campos da Física (VARGAS, 1996; FLEMING, 2001).

O uso da Matemática para a compreensão de fenômenos e intervenções antrópicas ganhou um grande impulso quando os primeiros computadores começaram a ser montados em meados do século passado. Esses equipamentos possibilitaram a resolução de equações que antes não seriam possíveis de serem resolvidas ou que dependiam de grandes esforços.

Diante destes pequenos exemplos e de muitos outros que poderiam ser aqui colocados, é perceptível a importância que o conhecimento matemático tem exercido sobre o contexto da ciência, da tecnologia e da sociedade. Para 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)

Apesar da importância que se tem dado à Matemática para o desenvolvimento tecnológico, é necessário que ela deixe de ser vista como um instrumento ou ferramenta para a utilização e o desenvolvimento da ciência, e seja considerada parte integrante de um sistema complexo que envolve o raciocínio lógico, a tomada de decisões e que traz consigo uma carga de responsabilidade, ao mesmo tempo em que oferece condições para que tecnologias inimagináveis sejam promovidas do *status* de ficção científica à materialização. Também opera no sentido de contribuir nas reflexões sobre o uso desses equipamentos ou artefatos, desenvolvidos, infelizmente, nem sempre de forma ética que, dependendo da sua aplicação, podem causar grandes prejuízos globais, incluindo aí, à espécie humana.

No campo da Educação Matemática, há sempre a preocupação de como fazer a ligação entre o que se ensina na escola e como tais conhecimentos podem ser elaborados e compreendidos, e sempre na perspectiva de fazer com que aquele que aprende possa fazer

desse conhecimento um instrumento em favor de um mundo melhor em termos de convivência planetária.

Diante deste desafio, o objetivo deste ensaio é apresentar uma discussão sobre uma possível aproximação da Modelagem, na perspectiva sociocrítica, com os fundamentos da Educação CTS. Tal iniciativa se justifica por entendermos que esta perspectiva educacional possa contribuir para essa aproximação entre o desenvolvimento altamente tecnológico e os fundamentos da Matemática para a Educação Básica.

## **2. Aspectos Metodológicos**

Como já citado anteriormente, esse trabalho se constitui numa modalidade de ensaio teórico, que, segundo Severino (1996), se configura como "um estudo bem desenvolvido, formal, discursivo e concludente, consistindo numa exposição lógica e reflexiva, e numa argumentação rigorosa com alto nível de interpretação e julgamento pessoal" (p. 120).

Consideramos, porém, conforme Barbosa (2001) que não se trata, de um trabalho teórico puro, já que recorreremos às práticas relatadas na literatura e em nossas próprias experiências de Modelagem em sala de aula. Seu desenvolvimento se dá, inicialmente, com a discussão sobre a possibilidade dos efeitos sociais da Ciência e a Tecnologia e sua inserção na Sociedade e, em seguida, a apresentação da Modelagem na perspectiva sociocrítica e suas relações com o campo CTS.

## **3. Ciência, Tecnologia e seus efeitos sociais**

Segundo Praia e Cachapuz (2005), mesmo a Ciência e a Tecnologia tendo natureza e especificidades próprias, possuem laços significativos. Os autores afirmam que, ainda que possamos considerar dois tipos de abordagem, um que vê a "tecnologia como aplicação da ciência" e outro que enxerga a tecnologia como "precedendo a ciência", pode-se evidenciar que, atualmente, justifica-se melhor abordagem a que coloca ambas numa situação de interação e simbiose. Os autores afirmam que:

enquanto o conhecimento científico, na sua forma tradicional, tem como primeiro objetivo compreender o Mundo, o conhecimento tecnológico, tendo em vista a satisfação das necessidades humanas, centra-se essencialmente no "fazer", na ação, na transformação, na prática, nos artefactos. (p. 176).

Vargas (1983), afirma que a tecnologia assumia um papel contraditório no quadro complexo das relações sociais. O autor considera que para “saber se a tecnologia é de Deus ou do diabo, talvez tenhamos que esperar o juízo final” (p. 95). Pensamos que essa mesma ideia pode ser aplicada não só na tecnologia, mas também a todo empreendimento científico.

Essa discussão se mostra importante diante do evidente avanço da ciência e da tecnologia, que gera, a cada dia, novos produtos que, segundo Bazzo (2010), muitas vezes são desfrutados por uma pequena parcela da população e as pesquisas subsidiárias desse desenvolvimento são, em muitas das vezes, financiadas com o dinheiro público. A sociedade, via de regra, desconhece o que é feito nos laboratórios e, portanto, não participa de nenhum tipo de decisão a respeito das pesquisas propostas.

A forma como a sociedade toma conhecimento acerca do empreendimento científico e tecnológico normalmente fica por conta da propaganda que se faz em torno dessas atividades e que influencia boa parte da população que, segundo Bazzo (2010), acredita que em quaisquer circunstâncias a ciência e a tecnologia se apresentarão como amigas leais, trazendo consigo apenas benesses para a sociedade.

Porém, além dos benefícios, as consequências do desenvolvimento científico-tecnológico são evidentes nas dimensões sócio-econômico-ambiental. Praia e Cachapuz (2005) afirmam que:

Sem dúvida que esses desenvolvimentos trouxeram grandes benefícios à condição humana. Porém, à medida que se amplifica o seu impacto sobre a natureza em geral e sobre a vida dos indivíduos e das sociedades em particular, profundas e agudas questões sociais e éticas se vão levantando (p. 175).

Nesse cenário, em que é perceptível a escalada de algumas consequências nefastas do desenvolvimento científico-tecnológico (armas de destruição em massa, derramamento de petróleo em ambientes marinhos, crescente produção de lixo eletrônico, dentre outros), as decisões e posições a serem tomadas não devem ser de responsabilidade apenas da comunidade científico-tecnológica, mas de toda a sociedade.

Portanto, é de fundamental importância que a sociedade seja capaz julgar acerca dos produtos da atividade científico-tecnológica e perceber o quanto essa atividade se aproxima de um extremo positivo ou negativo, benéfico ou maléfico.

Dessa necessidade, surge a perspectiva que adiciona ao cenário Ciência e Tecnologia uma terceira dimensão: a Sociedade, dando origem ao acrônimo CTS.

Von Linsingen (2007) afirma que:

Está se tornando cada vez mais presente o uso da expressão “ciência, tecnologia e sociedade” (CTS) em estreita associação com a percepção pública da atividade tecnocientífica, a discussão e definição de políticas públicas de C&T, o ensino de ciências e tecnologia, com pesquisa e desenvolvimento, a sustentabilidade, as questões ambientais, a inovação produtiva, a responsabilidade social, a construção de uma consciência social sobre a produção e circulação de saberes, a cidadania, e a democratização dos meios de produção. Enfim, com uma miríade de aspectos da atividade humana, e que remete à consideração da natureza social do conhecimento científico-tecnológico em sua constituição e apropriação sociais. (p. 1).

González García, Cerezo e Luján (1996), ao descreverem as inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, afirmam que estão ligadas a fatores sociais que influenciam a mudança científico-tecnológica, e a consequências sociais e ambientais.

Pode-se considerar que é na sociedade que a ambivalência da ciência e tecnologia vem à tona. É essa mesma sociedade é palco do “analfabetismo” científico e tecnológico, que, segundo Praia e Cachapuz (2005), deve ser compreendido além de carência de conhecimentos tecnocientíficos, em casos, por exemplo, de não saber “como utilizar os seus conhecimentos para negociar, argumentar e actuar em situações concretas; ter excesso de confiança na tecnociência e ter excesso de desconfiança no seu próprio potencial de compreensão das ciências e das técnicas” (p. 181).

Ser cientificamente alfabetizado, segundo as palavras de Praia e Cachapuz (2005), “implica ser capaz de discutir alguns resultados das investigações científicas e as suas possíveis implicações, de modo a poder compreender a sócio-tecnologia de um modo crítico, a ter ‘consciência-tecnológica’” (p. 181).

Portanto, abre-se um enorme precedente que justifica uma educação (e nos propósitos deste ensaio uma educação matemática) direcionada e balizada pela perspectiva CTS, no sentido de possibilitar que as futuras gerações transitem com maior tranquilidade e criticidade nos meios da ciência e da tecnologia e estejam aptos a participar de discussões, oferecendo contribuições acerca de direcionamentos que devem ser tomados por empreendimentos científicos e tecnológicos. Essa é uma visão alinhada à de Von Linsingen (2007), para quem, a educação na perspectiva CTS visa “fundamentalmente,

possibilitar uma formação para maior inserção social das pessoas no sentido de se tornarem aptas a participar dos processos de tomadas de decisões conscientes e negociadas em assuntos que envolvam ciência e tecnologia” (p. 13).

Uma educação articulada com a perspectiva CTS deve permear transversalmente todas as disciplinas constantes das grades curriculares da Educação Básica, incluindo, dessa forma, a Matemática. Nesse sentido é latente a potencialidade da Modelagem na Educação Matemática para lidar com essas questões. Esse será o assunto discutido na próxima seção.

#### **4. A Modelagem na Educação Matemática como provedora da educação científica e tecnológica: uma perspectiva crítica**

O homem cria modelos para explicar acontecimentos relacionados ao seu cotidiano. Garding (1981), por exemplo, considera o conjunto dos números naturais como o mais simples modelo matemático já construído pelo homem. Esse modelo teria surgido da necessidade de seres humanos solucionar problemas relacionados à contagem de coleções de objetos do seu cotidiano. Com esse exemplo situamos o ato de modelar matematicamente tão antigo quanto, ou até mesmo se confundindo com a própria Matemática.

Os modelos matemáticos não se resumem, porém, a formas únicas – um conjunto numérico ou uma fórmula matemática, por exemplo, como se poderia imaginar primariamente. Modelos podem ser constituídos por diversas ferramentas matemáticas como funções, gráficos, tabelas, figuras ou formas geométricas, softwares, dentre outros.

Para ilustrar como os modelos matemáticos estão diretamente inseridos na nossa sociedade, tomaremos emprestado um exemplo de Skovsmose (2004). Certamente o termo *overbooking* passou a ser uma prática entre as companhias aéreas quando estas perceberam que havia certa regularidade na quantidade de passageiros que faziam reservas e não compareciam para o embarque 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.

Porém, esse *software* que torna possível a reserva, tão corriqueira para o operador, foi desenvolvido decorrente de uma grande quantidade de cálculos matemáticos. Ele é resultado de um modelo que 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 na vida das pessoas. Enquanto as viagens aéreas ainda eram uma realidade para poucos, tal prática trazia benefícios para as companhias aéreas que tinham seus aviões decolando com uma quantidade maximizada de passageiros, e proveito para muitos passageiros, que, sem esse tipo de política, ficariam à espera do próximo voo.

Outro exemplo bem menos sofisticado e comum no comércio pode ser observado quando vamos a uma copiadora. O profissional faz a quantidade de cópias solicitadas e, em seguida, se dirige a uma lista (quase sempre afixada na parede) para buscar o valor a ser cobrado do cliente. Esse modelo é uma tabela que representa nada mais que uma função de primeiro grau em que o domínio é o conjunto dos números naturais. Pode-se perceber que a partir de um modelo matemático simples, o conjunto dos números naturais é incrementado por algumas relações e operações matemáticas, e dá origem a outro modelo um pouco mais complexo, que é útil em determinada circunstância. Tais exemplos nos levam a perceber que a Matemática está presente na raiz da criação científica e tecnológica, subsidiando o seu desenvolvimento e construção.

No entanto, faz-se necessário que este conhecimento chegue às escolas de uma forma contextualizada e que ajude na construção de uma consciência na perspectiva CTS, como apontada anteriormente. Assim, ensinar e aprender Matemática a partir de problemas reais, comuns ao campo da Ciência, Tecnologia e Sociedade, torna-se necessidade fundamental nos dias de hoje. Nesse sentido, a Modelagem, enquanto uma concepção de educar matematicamente (CALDEIRA, 2009), pode oferecer inúmeras contribuições.

A Modelagem tem sido caracterizada como um processo pelo qual alunos compreendam, por meio da Matemática, problemas advindos de fora da própria matemática e obtenham como resultado, modelos matemáticos representados em formas de tabelas, gráficos, funções, objetos geométricos, softwares, dentre outros.



Essa descrição simplificada da Modelagem está ligada a um estudo feito por Araujo (2002), que analisou trabalhos que relatavam experiências de atividades chamadas pelos seus propositores de Modelagem e concluiu que há uma multiplicidade de perspectivas acerca desse assunto. Para a pesquisadora, além dessa multiplicidade de perspectivas, há certa tendência na concordância quanto ao objetivo dessa atividade que seria o de resolver algum problema da realidade.

Porém, em alguns casos, a Modelagem adquire características diferenciadas. Alguns trabalhos são classificados, segundo Barbosa (2001), como pertencentes a uma corrente denominada de sociocrítica. Essa corrente, sugerida por ele, seria uma terceira via, que ampliava a classificação proposta por Kaiser-Messmer (1991), a qual dividia os trabalhos de Modelagem em dois grandes grupos: pragmáticos e científicos. Diferentemente dos anteriores, para a corrente sociocrítica, a Modelagem se apresenta como uma possibilidade para explorar os papéis que a matemática exerce na sociedade contemporânea.

Nessa perspectiva, Barbosa (2001, p. 03) afirma que, “nem matemática nem Modelagem são “fins”, mas sim “meios” para questionar a realidade vivida”. Isso não significa que os alunos possam desenvolver complexas análises sobre a matemática no mundo social, mas que Modelagem possui o potencial de gerar níveis de crítica.

A corrente sociocrítica da Modelagem se sustenta teoricamente na Educação Matemática Crítica proposta por Skovsmose (2001, 2007), cujo objetivo da educação matemática deve ser o de se preocupar além das habilidades de cálculos matemáticos, com a promoção da participação crítica dos alunos/cidadãos na sociedade, envolvidos em discussões de questões políticas, econômicas, ambientais, nas quais a Matemática serve como suporte tecnológico. Muito próximo, portanto, da Educação na perspectiva CTS.

Além de Barbosa, outros pesquisadores como Araujo (2007, 2009), Caldeira (1998, 2005, 2007), Jacobini (2007) e Jacobini e Wodewotzki (2006) têm se debruçado sobre estudos de Modelagem alinhados à corrente sociocrítica, oferecendo suporte para uma educação matemática comprometida com a compreensão de situações reais imbricadas com fatores sociais, políticos, econômicos, científicos, tecnológicos e ambientais.



Dessa forma, a Modelagem, aparece como pilar na construção de produtos da atividade científico-tecnológica, para o ensino e a aprendizagem de matemática e deve assumir o importante papel de possibilitadora da educação matemática comprometida com a educação na perspectiva CTS.

Levando em consideração que a Educação, alinhada com perspectiva CTS, visa à participação da sociedade nas discussões emergentes sobre empreendimentos científico-tecnológicos e que esses empreendimentos estão impregnados de matemática, a Modelagem, na perspectiva sociocrítica, apresenta-se como ambiente propício para a identificação de problemas relacionados a esses empreendimentos e reflexão dos alunos. Entendemos que a Modelagem atinge toda a discussão sobre os empreendimentos científico-tecnológicos evidenciando sua “positividade” e/ou “negatividade”. Se, por um lado não é possível “vigiar” todos os passos da ciência e da tecnologia, por outro muitos desses empreendimentos estão presentes no dia-a-dia dos próprios alunos e seus resultados são facilmente observados. Seus impactos no meio social geram inúmeras questões que não possuem respostas imediatas ou possuem respostas consideradas absurdas pelos alunos. Esse é um campo fértil para a Modelagem que resgata todo um ferramental matemático essencial para desenvolver, propor e avaliar soluções para esses problemas.

A discussão de empreendimentos científico-tecnológicos na sociedade gerará sempre posicionamentos diferenciados, ora por falta de conhecimento dos envolvidos acerca desses empreendimentos, ora por interesses ou desinteresses pessoais, ou por uma gama de outros fatores. Esse é outro aspecto que favorece a utilização da Modelagem para o estudo de questões relacionadas à ciência e à tecnologia. Os posicionamentos diferenciados entre alunos ou entre grupos de alunos poderão evidenciar tanto problemas quanto soluções diferenciadas, ao passo que, possivelmente, o que é visto por um grupo como um elemento negativo, pode ser considerado por outro grupo como positivo.

Assim, defendemos a Modelagem, na perspectiva sociocrítica, como aliada à educação matemática na perspectiva CTS, oferecendo uma alternativa para que a disciplina Matemática se desenvolva segundo os pressupostos da Educação Matemática Crítica.

## **5. Considerações finais**

Essa inserção da Matemática na raiz de algumas ciências estruturantes do desenvolvimento científico e especialmente tecnológico buscou mostrar a existência de elos entre a Matemática e esse desenvolvimento, atribuindo a essa ciência não só os méritos por ter importância capital como também às responsabilidades éticas por oferecer campo para a materialização de produtos da atividade científico-tecnológica.

Com isso, a Modelagem se mostra uma importante aliada nas reflexões sobre o desenvolvimento da ciência e das tecnologias, e trazer as discussões que envolvem os empreendimentos científicos e tecnológicos ao âmago da sociedade implica em incluir a Matemática nesse diálogo.

Um dos lugares fundamentais para que se consiga refletir sobre as necessidades e direitos de participação nas discussões que envolvem o “mundo” da ciência e da tecnologia é a escola. E para tal, é preciso que se faça uma educação com princípios fundados nesse contexto. Essa reflexão deve ter um caráter transversal, propiciando que todas as disciplinas ofereçam possibilidades para que os alunos se posicionem, discutam e percebam o seu papel enquanto futuros cidadãos do mundo.

Com isso, a Matemática não pode se esconder ou abster-se da sua responsabilidade junto à emergência dessas discussões, por diversos motivos, dentre eles, o fato de ser uma disciplina constante do currículo na Educação Básica, com direito a um bom número de aulas e, especialmente, por estar, na raiz do empreendimento científico e tecnológico, sendo parte integrante e integrada do processo/produto.

O fato dos empreendimentos da ciência e da tecnologia estarem necessariamente ligados ao mundo real elege a Modelagem, na perspectiva sociocrítica, como uma concepção de educação matemática adequada ao tratamento nas aulas de Matemática, evidenciando inúmeros novos campos constituídos de situações que interferem diretamente na dinâmica da sociedade contemporânea. Essas situações necessitam de identificação, estudos e proposições de soluções. Eis aí trabalho para as muitas aulas de matemática que compõem o dia-a-dia escolar. Eis aí oportunidades para desvelar elementos influentes, inclusive para a manutenção da espécie humana, utilizando-se da Matemática.

## **6. Bibliografia**

ARAUJO, J. de L. Relação entre Matemática e realidade em algumas perspectivas de Modelagem Matemática na Educação Matemática. In: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAUJO, J. de L. (Org.). *Modelagem Matemática na Educação Matemática brasileira: pesquisas e práticas educacionais*. Recife: SBEM, 2007. P. 17 – 32.

ARAUJO, 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. 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.

BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., 2001, Caxambu. *Anais...* Caxambu: ANPED, 2001. 1 CD-ROM.

BAZZO, W. A. *Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica*. Florianópolis: Ed. da UFSC. 2010.

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

CALDEIRA, A. D. *Educação Matemática e ambiental: um contexto de mudança*. 1998. 158 p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

CALDEIRA, A. D. Etnomodelagem e suas relações com a Educação Matemática na infância. In: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAUJO, J. de L. (Org.). *Modelagem Matemática na Educação Matemática brasileira: pesquisas e práticas educacionais*. Recife: SBEM, 2007. P. 81 – 97.

CALDEIRA, A. D. Modelagem matemática e suas relações com o currículo. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 4., 2005, Feira de Santana. *Anais...* Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana. 2005. 1 CD-ROM.

CALDEIRA, A. D. 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. Disponível em: <<http://alexandria.ppgect.ufsc.br/files/2012/03/ademir.pdf>>. Acesso em: dezembro/ 2010.

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

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

GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; CERESO, J. A. L.; LUJÁN, J. L. L. *Ciencia, tecnología y sociedad*. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: Tecnos, 1996.

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.

KAISER-MESSMER, G. Application-orientated mathematics teaching: a survey of the theoretical debate. In: NISS, M., BLUM, W., HUNTLEY, I. (ed.). *Teaching of mathematical modelling and applications*. Chichester: Ellis Horwood, 1991. p. 83-92.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A. Ciência-Tecnologia-Sociedade: um compromisso ético. *Revista CTS*, v. 2, n. 6, p. 173-194, 2005.

SEVERINO, A. J. *Metodologia do trabalho científico*. 20. ed. 1996. São Paulo: Cortez, 1996. 272p.

SKOVSMOSE, O. *Educação crítica: incerteza, matemática e responsabilidade*. Campinas, São Paulo: Cortez, 2007.

SKOVSMOSE, O. *Educação Matemática crítica: a questão da democracia*. Campinas, São Paulo: Papirus, 2001.

SKOVSMOSE, O. Matemática em ação. In: BICUDO, M. A. V.; BORBA, M. de C.(Orgs.). *Pesquisa em Educação Matemática: pesquisa em movimento*. São Paulo: Cortez, 2004, p. 30-54

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

VARGAS, N. A tecnologia é de deus ou do diabo? – visões e conceitos de tecnologia. In: HERRERA, A. O. et al (Orgs.). *Ciência, tecnologia e desenvolvimento 2*. Brasília: CNPq; UNESCO, 1983.

von LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: Aspectos de um campo em consolidação na América Latina. *Ciência e Ensino*, v.1, n especial, 2007.