

DA MEDIDA IMPRECISA AO UNIVERSO TECNOLÓGICO: uma reflexão sobre a contribuição do conhecimento matemático para o avanço da ciência, da tecnologia e da sociedade¹

NILCÉIA APARECIDA MACIEL PINHEIRO²

Resumo

¹ Este trabalho faz parte das reflexões de meu projeto de doutorado sob o título de Conhecimento matemático reflexivo: uma contribuição para a Educação Tecnológica.

² Mestre em Tecnologia e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Professora do CEFET-PR, unidade de Ponta Grossa. E-mail: nilceiap@uol.com.br

Neste artigo, tivemos como finalidade retomar a importância do conhecimento matemático e a sua relevância para as ciências, para a tecnologia e para a sociedade de forma geral, à partir de um enfoque histórico sobre a idéia de precisão. Procuramos ressaltar, que em uma época anterior a Galileu, a sociedade tinha a crença de que nosso mundo jamais poderia ser matematizado, pois nosso cotidiano sempre foi um contexto do impreciso, do “mais ou menos” e do aproximadamente. Não havia a necessidade de medir, pesar, contar, ou seja, não havia a necessidade de fazer previsões e de entender o mundo num pensamento mais abstrato. Porém à partir de Galileu, começou-se a aplicar a matemática para resolver os problemas da matéria, quantificando os objetos, tornando a ciência matematizável e transformando o mundo do “mais ou menos”, o que impulsionou profundas transformações científicas e tecnológicas. A matemática

foi o moto propulsor para que a ciência moderna pudesse alcançar significativo avanço. Com essa reflexão, visamos ressaltar que a gênese do conhecimento matemático, teve grande parte de suas bases voltadas para a resolução dos problemas da humanidade e que o trabalho com esse conhecimento em sala de aula, jamais deve deixar de ressaltar essas importantes contribuições. É preciso que a matemática possa ir além de um simples instrumento. Precisamos resgatar seu poder reflexivo, avaliativo e questionador, formador de competências e habilidades que leve os alunos a agir como cidadãos críticos e reflexivos de sua realidade.

Abstract

In this paper, we have had the purpose to retrieve the mathematical knowledge importance and its relevance for sciences, technology, and society by and large, from a historical focus on the idea of precision. We have tried to stand out, that in a time previous to Galileu, when the society had a believe in our world which it could never be quantified, because our everyday was always a context of the imprecise, the “more or less” and of the approximately. There was not a need to measure, to weigh, to count, that is to say, that there was no need to make predictions and to understand the world by way of a more abstract thought. However from Galileu on, mathematics began being applied to solve matter problems, quantifying objects, making science calculable and transforming the world of the “more or less”, what has stimulated deep scientific and technological transformations. Mathematics was the motor propeller for the modern science to reach significant progress. With that reflection, we have sought to highlight the genesis of the mathematical knowledge, which had great part of its bases facing the humanity’s problem solving and that the classroom knowledge work, should never stop stressing such important contributions. In mathematics there is a need to go beyond a simple instrument. We need to ransom its reflexive, estimating and questioning power, its competences and abilities maker by impulsing students to act as critical and reflexive citizens of their own reality.

Palavras-chave:

Conhecimento matemático, precisão, ciência e tecnologia.

Key-words:

Mathematical knowledge, scientific precision and technology.

Introdução

Quando pensamos em matemática nos vem à mente uma ciência isolada, independente da realidade, algo intocável e inquestionável. Porém, quando pesquisamos mais a fundo, percebemos que a evolução da matemática e sua contribuição para com a realidade não se enquadram nesse tipo de concepção. O conhecimento da gênese histórica dos conceitos matemáticos pode ser uma ferramenta de grande valia para a elaboração da linguagem matemática e para uma compreensão mais profunda desses conceitos.

É inegável a contribuição que a matemática tem trazido, desde então, para o desenvolvimento das ciências de forma geral e para o avanço da tecnologia. Verificamos sua contribuição no comércio, nos empréstimos e juros, nos seguros de vida, nos jogos etc O calendário, tal como o conhecemos hoje, resultou de cálculos puramente aritméticos, para prever a posição da lua e dos planetas. Os esquemas geométricos de Copérnico e os posteriores estudos de Kepler, Tycho Brahe e Galileu, culminaram no desenvolvimento do cálculo, introduzido por Isaac Newton, o qual trouxe significativa contribuição para a mecânica e para os movimentos planetários.

Enfim, o nosso mundo tem necessitado de muita linguagem matemática para entender e representar os mais variados fenômenos científicos, tecnológicos e sociais. As ciências como a física, a química e a biologia estão inteiramente matematizadas. De acordo com Davis e Hersh (1998) até pouco tempo, para que uma teoria pudesse ser considerada científica, ela precisava ser expressa por uma linguagem matemática, contando que sempre haveria uma matemática para resolver os problemas e, se essa não existisse, possivelmente seria criada.

Desse modo, compreendemos que o mundo de hoje e sempre, dependeu e depende fundamentalmente da matemática. Desde as mais simples expressões de cálculo até o conhecimento das ondas eletromagnéticas, que revolucionam a tecnologia da informação através do televisor, da telefonia, que via satélite liga os mais variados pontos do nosso planeta, entre outros importantes artefatos. Todas essas descobertas, tiveram seu primeiro aporte na teoria matemática, descobrindo-se mais tarde, e com sucesso a sua existência física. Não podemos deixar de citar também a computação, que grande contribuição tem dado aos mais variados campos profissionais, favorecendo muitas descobertas científicas e tecnológicas. Porém, seu desenvolvimento não seria possível, se uma enorme quantidade de cálculos e teorias matemáticas, não tivessem sido utilizados.

A maioria dos aparelhos elétricos, que facilitam a nossa vida, não existiriam sem o desenvolvimento da matemática. O próprio florescimento da era industrial só foi possível em razão do desenvolvimento da física e da matemática, por Newton, Lagrange, Fourier, Cauchy, Gauss, entre outros cientistas.

Diante de todos esses avanços científicos e tecnológicos, que o conhecimento matemático vem possibilitando, auxiliando na compreensão, na avaliação e na análise dos fenômenos da realidade, percebemos que

“... 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.” (Skovsmose, 2001, p. 40)

Nesse enfoque, ressaltamos a importância de estar trazendo para o conhecimento matemático, questões que envolvem sua aplicação no contexto da ciência, da tecnologia e da sociedade, de maneira tal que, a matemática possa estar contribuindo para o despertar de questionamentos sobre a aplicação de artefatos que ela ajudou a entender e construir. É primordial que em nossas escolas, possa haver a ênfase nessa matemática reflexiva, que possa mostrar ao aluno que a matemática não é um simples instrumento, uma mera ferramenta. Ela carrega consigo grandes responsabilidades.

Assim, o desenvolvimento do conhecimento matemático deve ser compreendido em sua íntima relação com as determinações sociais, políticas, econômicas e culturais, pois essas atividades constroem uma relação histórica do homem com a natureza, de maneira tal que possa criar meios, modelos e instrumentos que lhe permitam interagir com a natureza e solucionar problemas.

Dessa forma, percebemos que o homem em sua necessidade de entender a natureza e dominá-la, foi levado à observação e ao estudo de diversos fenômenos, descobrindo suas causas, efeitos e fazendo previsões através da matematização. Os resultados desses experimentos foram se acumulando século após século e constituem o que hoje entendemos por ciência. Já a tecnologia que hoje temos, e que utilizamos em todos os setores de nossa sociedade, teve seu início há muito tempo, partindo da antiga “*techné*”³.

Nessa linha de pensamento, percebemos que uma das grandes contribuições da matemática para com a ciência e a sociedade, ocorreu durante a Revolução Científica, que compreendeu os séculos XVI, XVII, XVIII. Foi nesse período, que através da matemática, pode-se contar com novos recursos de eficácia operativa, assumindo uma nova situação de necessidade para a ciência e para a humanidade de forma geral.

Considerando a importância que o conhecimento matemático exerce sobre o contexto da ciência, da tecnologia e da sociedade, destacaremos aqui uma das contribuições sobre a gênese histórica da matemática, significativa para o desenvolvimento científico e tecnológico: a idéia de precisão. Através dessa

³ De acordo com Heródoto (484-425 a.C.) as primeiras medidas surgiram no Egito, na época do Faraó Sesostris, provavelmente no terceiro milênio antes de Cristo. O Faraó determinou que funcionários medissem as terras arrendadas aos súditos todo ano, de forma a calcular o preço devido. Foi a partir daí que surgiram a geometria e a álgebra e, com elas, aquilo que mais tarde passou-se a chamar na Grécia de “*techné*”, juntamente com os primeiros engenheiros e agrimensores.

idéia, o conhecimento matemático pode direcionar importantes questões que culminaram na Revolução Científica do século XVII. A idéia de precisão, passou então a ser de grande importância não só para a matemática, mas também na renovação da ciência e da tecnologia.

Nossa intenção principal, neste artigo, é trazer à tona alguns dos fatos da gênese histórica dessa idéia, e através dela reafirmar que o conhecimento matemático sempre acompanhou o desenvolvimento da ciência, da tecnologia e da sociedade, não se desenvolvendo num momento único. Sua criação e descoberta dependeram muitas vezes dos problemas que as sociedades de cada época propuseram como relevantes, juntamente com a comunidade científica. Da mesma maneira, consideramos que em sala de aula, a elaboração das idéias matemáticas, deve partir de problemas que envolvam a ciência, a tecnologia e a sociedade, em correspondência com os interesses dos alunos, de forma a poder proporcionar um ensino mais significativo e reflexivo, onde o conhecimento matemático não seja apenas uma ferramenta, mas também um conhecimento avaliativo e transformador.

Um impulso na precisão das medidas

Nem sempre a ciência e a tecnologia estiveram à frente de muitas invenções, como acontece hoje. O homem viveu muito tempo num universo impreciso e inexato. Koyré (s.d.)⁴ comenta que o pensamento científico anterior a Galileu não tinha preocupações com a exatidão e que, portanto, não se voltava à matematização do mundo. A crença era de que o nosso mundo jamais poderia ser matematizado, pois ele sempre foi o mundo do impreciso, do «mais ou menos», do aproximadamente. Alegando que não existiam na natureza figuras perfeitas, como círculos, esferas, parábolas. Koyré (s.d) enfatiza que o papel e o lugar das matemáticas na ciência foi objeto de meditação e questionamento das filosofias por mais de mil anos. No entanto, foi isso que impediu o avanço tecnológico em uma época anterior à de Galileu. A principal idéia de Galileu era de conseguir matematizar o mundo, ou seja, “empregar na Terra instrumentos de medidas e medir exatamente o quer que fosse para além das distâncias” (Koyré, s.d. p. 62).

Koyré cita, que já há dois mil anos, Pitágoras apontava que a essência das coisas estava no número e que a própria Bíblia colocava que Deus havia fundado o mundo segundo o número, o peso e a medida. Porém, nessa época, essa idéia poderia até ser aceita, mas ninguém se atreveria a buscar esses números, pesos e medidas que determinavam o mundo, ou seja, não havia interesse em medir, pesar e contar, simplesmente porque não havia necessidade de passar de um mundo essencialmente prático, para um mundo mais abstrato e de grandezas exatamente calculadas.

⁴ Leia-se sem data.

Dessa forma, Koyré destaca que, até meados do século XVI, não havia a preocupação com o medir, apenas o marcar era necessário, como algo que passa e se vive. Acreditava-se que tudo estava previamente determinado, uma vez que o tempo já estava dividido em dias, meses e anos. Tudo acontecia ao seu tempo, à sua ordem, não eram necessárias a previsão e a contagem exatas. Porém, Koyré nos chama a atenção para esse ponto, destacando que “a ordem e o ritmo não é a medida, o tempo marcado não é o tempo medido. Continuamos ainda no aproximadamente, no mais ou menos; estamos a caminho, mas apenas a caminho do universo da precisão”(s.d. p. 79).

Delizoicov (1991) comenta em sua tese, citando Koyré, que um dos grandes problemas enfrentados naquela época era a concepção de um instrumento de medida que traria então a idéia de exatidão, pela qual o mundo do aproximadamente tomaria a forma de preciso. O autor comenta também, que a idéia de precisão e de instrumentos de medidas proliferou muito, principalmente com os artesãos da Renascença. Porém, faltava ainda a esses o instrumento para que seus produtos deixassem de ser meros utensílios e o saber-fazer se transformasse em técnicas de precisão.

O caminho rumo à precisão teve início com os primeiros relógios a partir de técnica utilizada na Idade Média, tendo surgido principalmente pela necessidade que tinham nos mosteiros de marcar o tempo de orações. Isso fez com que se passasse do tempo vivido para o tempo medido. Porém, esses ainda não ofereciam precisão, uma vez que apresentavam um certo erro, pois não conseguiam marcar as subdivisões das horas. Com o passar do tempo “outros tipos de relógios mais precisos foram aparecendo, mas como eram muito caros, apenas algumas cidades puderam construí-los. E somente à partir do século XVII deixaram de ser elemento de luxo”(Koyré, s.d. p. 80).

O grande mote impulsionador da tecnologia teve início a partir do século XVII, quando Galileu Galilei (1564-1642) começou a aplicar a matemática e o cálculo para resolver os problemas da matéria, com o que obteve grande êxito em suas investigações. Os estudos até então realizados, buscavam explicar a essência e a qualidade dos objetos, porém Galileu buscou quantificar esses objetos, dando um grande impulso para uma ciência matematizável.

De acordo com Rodrigues (1998), o aporte inicial que daria origem à ciência moderna, se pautava em três elementos inovadores: “a busca do conhecimento com o objetivo de dominar a natureza em benefício do homem; a aplicação do cálculo matemático ao objeto estudado, e um método a ser seguido sistematicamente.” (p. 91). O método que passou então a ser utilizado baseava-se na observação intencional ou coleta de dados, os quais eram organizados com formulação de hipóteses, experimentação dessas hipóteses e a formulação de uma teoria que pudesse então ser contestada. Dessa forma, Galileu considerava que existiam apenas duas substâncias, “o espírito e a matéria, e que desta última só se poderia conhecer, com certeza, aquilo que se pudesse medir, que se pudesse calcular, isto é, que se pudesse traduzir em linguagem matemática”(Koyré, s.d., p. 93).

De acordo com Delizoicov (1991), Galileu traz, então, para o âmbito do movimento terrestre a exatidão, antes não admitida, via matematização, desse movimento. Obteve uma lei matemática que estabelecia, de uma vez por todas, o movimento segundo um cálculo mais exato. O que vinha a contrariar as concepções vigentes de que jamais os movimentos terrestres poderiam ser matematizados. Contudo, Koyré coloca que Galileu vai muito além da obtenção de dados empíricos e operações matemáticas, ele cria leis matemáticas em forma de equações para o cálculo do movimento terrestre e de tantos outros fenômenos físicos. É a partir dessas questões que “a ciência moderna se encontra, em seus primórdios, numa situação estranha e até paradoxal. Escolhe a precisão como princípio, afirma que o real é geométrico por essência e, portanto, submetido à determinação e a medidas rigorosas...” (Koyré, 1982, p. 276).

A partir da influência de Galileu, significativos avanços teve a ciência e conseqüentemente abriu espaço para a tecnologia, com a fabricação de instrumentos de medida e observação como foi o caso do telescópio desenvolvido por Galileu. Uma vez que, os aparelhos óticos não necessitavam apenas de boa qualidade em seu vidro, mas também de ângulos de refração medidos e calculados. Para Galileu, era preciso construir “máquinas precisas, máquinas matemáticas, que, tal como os próprios instrumentos, pressupõem a substituição, no espírito dos seus inventores, do universo do aproximadamente pelo universo da precisão.” (Koyré, s.d., p. 76)

Sendo assim, Koyré coloca que o grande avanço na ciência moderna se caracteriza principalmente por uma revolução técnica na qual a *epistêmê* se transforma em *technê*, ou seja, em uma tecnologia nascente caracterizada pela precisão. Assim é que podemos verificar que as máquinas dos séculos XVII e XVIII já não tinham seus movimentos caracterizados por cálculos de estimativa e “a olho”, elas adquirem uma imagem de movimento calculado e se esse contivesse erros era porque fora “mal calculado”, ou porque a precisão exigida não fora suficiente. Percebemos, dessa forma, que toda nossa vida sempre esteve impregnada de matemática, pois “os atos cotidianos e as construções dos homens trazem-lhe a marca e nem sequer as nossas alegrias artísticas e a nossa vida moral escapam à sua influência.” (Koyré, s.d., p. 70)

Contudo, foi através do instrumento que a precisão mudou o universo do aproximadamente. É através dele que começa a se definir um mundo altamente tecnológico, com máquinas e artefatos calculados e precisos. Não precisamos mais colocar um navio ao mar em função de sua própria “sorte”, podemos agora sim, através da precisão das máquinas, resultado de uma ciência mais elaborada, prever e calcular, com um grau de precisão incrível, os possíveis comportamentos de nossos artefatos, sem esperar que primeiro eles afundem, para depois concluir que não deu certo.

Passamos de um mundo impreciso ao universo tecnológico. De acordo com Grinspun (1998):

“um dia tivemos a pedra, depois os objetos que trabalhavam com e na pedra; muitos e muitos séculos depois, com a Revolução Industrial, tivemos a presença da máquina e, posteriormente, pelo caminho da máquina, fomos encontrando toda a constatação de um novo mundo marcado pela era da tecnologia”(p. 15).

E para que essa evolução pudesse acontecer, cada área do conhecimento teve sua participação. A matemática, como já referenciamos, foi o cerne para que a ciência moderna pudesse tomar forma e possibilitasse o avanço da tecnologia. Concordamos com Skovsmose (2001), quando afirma que “por causa de suas aplicações, a matemática tem a função de ‘formatar a sociedade’. A matemática constitui uma parte integrada e única da sociedade. Ela não pode ser substituída por nenhuma outra ferramenta que sirva a funções similares”(p. 40). Sendo assim, podemos destacar a importância que a matemática teve e tem para o avanço da ciência e da tecnologia, através da atividade de construção de modelos com os quais podemos interpretar a realidade.

Porém, o que temos de entender é que, mesmo a matemática sendo ferramenta importante para as ciências naturais e outras ciências, seu desenvolvimento e avanço não estão subordinados ao seu pragmatismo. É justo dizer que a matemática é a linguagem da ciência, constituindo um meio indispensável, dentro do qual a ciência se expressa, formula seus resultados, progride e se comunica. No entanto, a matemática, não só serve para formular, clarificar conceitos, leis científicas e expor métodos de maneira rigorosa, mas se revela em certas situações como elemento indispensável tanto para criação como para o desenvolvimento de novos aportes para a ciência e para tecnologia.

Sendo assim, pudemos perceber, através dessa pequena reflexão sobre a idéia de precisão dentro da matemática, que muitas foram as transformações pelas quais essa área passou e tem passado. Cada geração acrescenta sua contribuição, que se ajusta ao já conhecido ou que o modifica. Seus meios de observação, coleta de dados e processamento desses dados sofreram grandes mudanças. Mas a importância da matemática não começa e nem termina aí. Apenas ilustramos, aqui, muito rapidamente, como a matemática não apenas continua sendo importante para a vida humana, como também tem a sua importância aumentada a cada dia que passa. Poderíamos escrever um livro apenas sobre a importância da matemática nas ciências e na vida humana em geral. Certamente seria um livro de milhares de páginas

A época atual é caracterizada por um crescimento extraordinariamente rápido. Se o progresso científico fosse apenas um acréscimo de conhecimentos, o ensino se tornaria um problema insolúvel. Na realidade, esse progresso se realiza por uma reestruturação e simplificação do conhecimento anterior. O progresso consiste, e isso é particularmente verdadeiro na matemática, em fazer facilmente aquilo que nossos predecessores só realizavam com dificuldade.

Considerações Finais

Tendo como base o importante aporte histórico sobre a gênese do conhecimento matemático, o qual destaca a importância da matemática para a ciência, para a tecnologia e para a sociedade, entendemos que

“...todo cidadão, para ter acesso ao mundo do conhecimento científico e tecnológico, precisa possuir uma cultura matemática básica que lhe permita interpretar e compreender criticamente a matemática do dia-a-dia, [...] resolver problemas e tomar decisões diante dos mais variados aspectos de sua vida, nos quais a matemática esteja presente”(Boavida, 1993, p. 91).

Por fazer parte da área científica, o conhecimento matemático, de acordo com D'Ambrosio (1986), “é essencial no chamado progresso tecnológico que determinou e determina o desequilíbrio entre as nações, que possibilitou e possibilita conquista e colonização, que causou e causa domínio de uma classe social por outra”(p. 40). Sob essa perspectiva, não há como trabalhar a matemática em nossas escolas, sem que ressaltamos a necessidade de promover discussões e reflexões críticas que envolvam o conhecimento científico, tecnológico, o contexto social em sua íntima relação com a matemática.

Nesse artigo, destacamos apenas uma das contribuições da matemática para com o progresso científico e tecnológico, mas não são poucas as aplicações da matemática nos mais variados segmentos da sociedade. Não obstante, o papel que desenvolve vai muito além do simples calcular. Através de seu uso podemos esclarecer aspectos que envolvem nosso cotidiano como cidadãos, além das preocupações de ordem financeira e científica. Verificamos também, que as necessidades que a fizeram surgir e sua importância para o desenvolvimento da sociedade, apontam que a matemática é um produto do saber humano e que tem importância vital para a sociedade humana.

É importante lembrar, que a matemática desde o seu nascimento, como tivemos oportunidade de destacar, vem acompanhando os processos de ciência e tecnologia e é impossível negar a sua contribuição no desenvolvimento de novas tecnologias. Porém, é premente que o conhecimento matemático não apenas contribua na produção de novas tecnologias. Precisamos reforçar que, a matemática desempenha importante papel como conhecimento reflexivo, que além de transmitir o conhecimento científico acumulado pela humanidade, irá também discutir as condições para obtenção desse conhecimento, estando a par dos problemas sociais, causados pela má aplicação desse conhecimento.

Precisamos conduzir o ensino da matemática, de forma tal a desenvolver hábitos de rigor, precisão, raciocínio dedutivo, manifestação da capacidade criadora e julgamento pessoal, que não apenas levam a uma aplicação do cálculo, mas que podem ser úteis como forma de estudo e abordagem científica de outros tantos assuntos ligados à vida profissional e cotidiana do aluno. Assim, a partir de assuntos nos quais a matemática contribuiu profundamente, pode-se estar

construindo com os alunos uma imagem mais concreta da natureza dos objetos, que os levará a questionar as verdades absolutas, tanto na matemática quanto em outras ciências, analisando a aplicação da ciência e tomando decisões sobre problemas em cujas bases se encontra a matemática. Além disso, é importante que se estabeleça uma interação professor-aluno-realidade social, que possibilite uma integração da matemática com o cotidiano e com as demais áreas do conhecimento, uma vez que o ensino da matemática deve ser entendido como parte de um processo global na formação do aluno como ser social.

É preciso, pois, que a matemática passe a ser vista pelo aluno não como uma imposição, mas como um conhecimento que venha a nascer da necessidade das explicações alternativas para a resolução dos problemas sociais, bem como daqueles causados pela aplicação insensata da ciência à tecnologia.

Trabalhando nesse enfoque, visamos explicitar ao nosso aluno a necessidade da matemática nas várias áreas do saber humano, como mediadora desse saber e responsável pela aplicação desse conhecimento no cotidiano da humanidade. Não há dúvida que trabalhos nessa linha pressupõem o rompimento com as estruturas cristalizadas e fortes, não só nas instituições de ensino, como também na maneira de pensar e agir das pessoas envolvidas.

Nesse sentido, ressaltamos que conhecer a matemática não representa apenas ter domínio de técnicas ou de suas aplicações, mas sim entendê-la e aplicá-la na sua dimensão de conhecimento humano, envolvendo portanto o aspecto de análise, compreensão, comunicação e avaliação da realidade.

Referências

BAZZO, W. A. **Educação Tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2000.

_____. & CURY. **Formação Crítica em Matemática: uma questão curricular?** Bolema, ano 14, n. 16, 2001.

BOCHNER, S. **El papel de la matematica en el desarrollo de la ciencia**. Madrid. Alianza Editorial, 1991.

BOYER, Carl. **Historia da Matemática**. Trad. Elza F. Gomide. 2. ed. São Paulo. Ed. Afiliada, 2001.

BROWN, L. **O mundo assim instituído**. Trad. De Newton R. Eichenberg e Marco A. F. Bueno. São Paulo, 1991.

CARACA, B. de J. **Conceitos Fundamentais da Matemática**. 4. ed. Lisboa. Gradiva, 2002.

CARDOSO, T. F. L. Sociedade e desenvolvimento tecnológico: uma abordagem histórica In: **Educação Tecnológica: desafios e perspectivas** São Paulo: Cortez, 1999.

CHEVALLARD, Y. **Estudar matemáticas: o elo perdido entre o ensino e aprendizagem.** Trad. Daisy Vaz de Moraes. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

D'ÁMBROSIO, U. **Da realidade à ação: reflexões sobre a educação e matemática.** São Paulo: Summus, 1986.

_____. **Educação matemática: da teoria a prática.** Campinas, São Paulo: Papirus, 1996.

DAVIS, P. J. **A experiência matemática.** Trad. João Bosco Pitombeira. Rio de Janeiro. F. Alves, 1985.

_____. **O sonho de Descartes.** O mundo de acordo com a matemática. Trad. Mario C. Moura. 2. ed. Rio de Janeiro: F. Alves, 1998.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento, tensões e transições.** São Paulo. USP, 1991. Tese de doutorado.

FRANCHI, R. H. de O. L. **A Modelagem Matemática como Estratégia de Aprendizagem no Cálculo Diferencial e Integral nos Cursos de Engenharia.** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1993. (Dissertação, Mestrado).

GARNICA, A. V. M. **A interpretação e o fazer do professor: a possibilidade do trabalho hermenêutico da educação matemática.** Rio Claro, 1992. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Departamento de Matemática. Universidade Estadual Paulista "Campus" de Rio Claro.

GRINSPUN, M. P. S. **Educação tecnológica: Desafios e perspectivas.** São Paulo. Cortes, 1999.

KOYRE, A. **Estudos de história do pensamento científico.** Trad. Marcio Ramalho. Rio de Janeiro. Ed. Forense Universitaria, 1991.

_____. **Galileu e Platão.** Trad. Jose Trindade Santos. Lisboa. Gradiva, s.d.

HOGBEN, L. **Maravilhas da Matemática.** Trad. Paulo M. da Silva. Roberto Bins e Henrique C. Pfeifer. 2. ed. Porto Alegre. Ed. Globo, 1970.

MACHADO, A. C. A. **Aquisição do conceito de função.** Perfil de imagens produzidas pelos alunos. Belo Horizonte. UFMG, 1998 (Dissertação de Mestrado).

MORTIMER, E. F. e SANTOS, W. L. P. Tomada de decisão para a ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência e Educação**, v. 07, n. 1 p. 95-111, 2001.

MOYSES, L. **Aplicações de Vygotsky à Educação Matemática.** São Paulo: Papirus, 1997.

RODRIGUES, A.M. M. Por uma filosofia da tecnologia. In. **Educação tecnológica: Desafios e perspectivas.** São Paulo. Cortez, 1999.

PRETTO, N. de L. **A ciência nos livros didáticos.** Campinas/Salvador: Unicamp/UFBA, 1985.

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