

UMA REFLEXÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO MATEMÁTICO PARA A CIÊNCIA, PARA TECNOLOGIA E PARA SOCIEDADE*

A REFLECTION ON THE MATHEMATICAL KNOWLEDGE IMPORTANCE TO SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY

Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro¹

¹ Autor para contato: Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET-PR, Ponta Grossa, PR, Brasil; e-mail: nilceiap@uol.com.br; (42) 222-5156. Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica - PPGECT-CFM-UFSC

Recebido para publicação em 27/03/2003

Aceito para publicação em 23/04/2003

RESUMO

Neste artigo, tivemos como finalidade enfatizar a importância do conhecimento matemático em sua íntima relação com a ciência, com a tecnologia e com o contexto social, tendo como respaldo o enfoque histórico sobre a idéia de precisão. Assim, destacamos a figura de Galileu como o precursor de um mundo matematizado, no qual se pode aplicar a matemática para resolver os problemas da matéria, obtendo grande êxito nas 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, transformando o mundo do aproximadamente, o que resultou em profundas transformações científicas e tecnológicas. A matemática caracterizou-se então como elemento revelador para que a ciência moderna pudesse alcançar significativo avanço. Dessa forma, com essa reflexão, visamos ressaltar que a gênese histórica do conhecimento matemático tem suas bases voltadas para a resolução dos problemas da humanidade, o que requer que o trabalho com esse conhecimento em sala de aula não deixe de ressaltar essas importantes contribuições. A matemática deve ser concebida como algo que vai muito além de uma simples ferramenta. Precisamos focar também seu poder reflexivo, analítico e questionador, formador de competências e habilidades que possam levar os alunos a serem cidadãos críticos e reflexivos de sua realidade.

Palavras-chave: conhecimento matemático, precisão, ciência, tecnologia e sociedade

* Este trabalho faz parte das reflexões de meu projeto de doutorado sob o título de Conhecimento Matemático Reflexivo: uma contribuição para as discussões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade, sob orientação do Professor Dr. Walter Antonio Bazzo (UFSC)

ABSTRACT

Our purpose in this study is to emphasize the importance of mathematical knowledge in its close relation to science, technology and the social context, with support of the historical idea of precision. We present Galileo as a forerunner of a calculable world, in which mathematics can be used to solve problems of matter with great success. Before Galileo, studies were carried out trying to explain the essence and the quality of objects. Galileo started quantifying the objects, thus giving calculable science a great onset, transforming the world by promoting deep scientific and technological changes. Mathematics became a revealing element that enabled science to reach a significant progress. We want to point out that the historical genesis of mathematical knowledge is to solve the problems of humanity, and this fact must be emphasized in the classroom. Mathematics should be conceived as something that is much more than a mere instrument. Its reflexive, analytical and questioning powers make it a former of competences and abilities, thus helping students to become critical and reflective citizens.

Key-words: mathematical knowledge, precision, science, technology and society

1. Introdução

Percebemos que a ciência e a tecnologia tornaram-se atividades de grande influência na vida do ser humano. Através delas, se procura tanto entender os fenômenos, quanto criar artefatos por meio de teorias adequadas que possam explicar os acontecimentos do cotidiano, bem como produzir bens e serviços para a humanidade. Ainda que nosso mundo continue seu ciclo de existência independentemente das teorias científicas, o homem continua a utilizar tais teorias para geração de novos conhecimentos que lhe possibilitem, fazer análises, inferir previsões e tomar decisões.

Bassanezi (1994) comenta que a ciência e a tecnologia, “como produtos da evolução mental-emocional-social da humanidade, são portanto, fenômenos acumulativos. Ambas, como conhecimento acumulado, dependem de experiências planejadas e do auxílio de teorias sujeitas à evolução”. E por sua vez, as teorias, dependem de validação, a qual é expressa por uma determinada linguagem”. De acordo com Bunge (1974), “toda teoria específica é, na verdade, um modelo matemático de um pedaço da realidade.”

Dessa forma, verificamos que, no intuito de analisar um fato ou uma situação real do seu ponto de vista científico, isto é, com o propósito de substituir a visão ingênua desta realidade por uma atitude crítica e

mais abrangente, deve-se procurar uma linguagem adequada, que facilite e racionalize o pensamento. Assim, “a matemática passou a funcionar como um agente unificador de um mundo racionalizado, sendo um instrumento indispensável para a formulação de teorias que regem o conhecimento, devido à sua generalidade” (BASSANEZI, 1994, p. 56). Pode-se dizer que as ciências naturais como a física, a astrofísica e a química já estejam totalmente matematizadas em seus aspectos teóricos. As ciências biológicas apoiadas inicialmente nos paradigmas da física como as leis de conservação, e nas analogias conseqüentes foram ficando também, cada vez mais dependentes de uma linguagem matemática.

É inegável a contribuição que a matemática tem trazido para o desenvolvimento das ciências de forma geral e para o avanço da tecnologia. De acordo com Davis e Hersh (1998), podemos verificar a contribuição da aritmética, desde há muito tempo, no comércio, nos empréstimos e juros. As apólices de seguro de vida e acidentes já estavam estabelecidas a partir do século XV, através de cálculos matemáticos. Na astronomia, 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 (1473-1543) e os posteriores estudos de Kepler (1571-1630)

e Tycho Brahe (1546-1601) proporcionaram uma visão inteiramente nova do lugar do homem no universo e do seu poder para explicar, de modo racional, os fenômenos da astronomia com o auxílio da matemática, em um processo no qual a mecânica celeste completa a mecânica terrestre. A Galileu (1564-1642) 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 acima de qualquer outro homem deste período, a ele se deve o espírito da ciência moderna baseada na harmonia da experimentação e da teoria, com realce para o uso intensivo da matemática. Assim, a contribuição desses e de outros estudiosos da ciência, culminaram no desenvolvimento do cálculo, introduzido por Newton (1642-1727), o qual trouxe significativa contribuição para a mecânica e para os movimentos planetários.

Davis e Hersh (1998) ainda comentam que foi através da geometria da superfície da esfera que os problemas da geografia, da execução de mapas e da navegação começavam a tomar corpo e puderam ser então calculados. Até mesmo a música tornou-se uma linguagem matemática para os pitagóricos, através da descoberta da relação entre a altura do som e o comprimento da corda. Os mecanismos que controlam o processo fisiológico, a genética, a morfologia, a dinâmica das populações, a epidemia e a ecologia estão providas de muita matemática; até mesmo a sociologia e a psicologia estudam os dados psicossociais através da amostragem estatística. E não obstante, podemos citar também a teoria da concorrência, dos ciclos e equilíbrios comerciais, dos jogos e da decisão, que exigem estratégias de otimização podendo ser utilizadas para subsidiar as políticas comerciais e militares. Além disso, 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 a profunda necessidade que o nosso mundo tem da linguagem matemática. Desde as mais simples expressões de cálculo até as ondas eletromagnéticas, que são responsáveis pela informação que chega ao nosso televisor, a infor-

mação telefônica que via satélite liga pontos distantes do nosso planeta etc, tiveram a sua existência primeiramente a partir de gráficos, desenhos e equações matemáticas. Após essa matematização, conseguiu-se passar para o objeto material. Para se desenvolver um motor, um circuito elétrico ou um “chip” de computador, uma enorme quantidade de cálculos matemáticos e teorias matemáticas são necessários. Percebemos assim que a maioria dos aparelhos elétricos, que facilitam a nossa vida, não existiria 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 (1765-1843), Fourier (1768-1830), Cauchy (1789-1857), Gauss (1777-1855), 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 sentido, considerando a importância que o conhecimento matemático tem exercido sobre o contexto da ciência, da tecnologia e da sociedade, acreditamos que seja importante destacar aqui uma das grandes contribuições sobre a gênese histórica da matemática, significativa para o despertar da ciência moderna, proporcionado um grande avanço científico e tecnológico: a necessidade da precisão, principalmente no ato de medir o tempo.

Nossa intenção principal não é a de esgotar o assunto, mas trazer à tona alguns dos fatos da gênese histórica sobre a idéia de precisão 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

ca propuseram como relevantes, juntamente com a comunidade científica.

Contudo, ressaltamos não só a importância que o conhecimento matemático teve e tem nas questões que envolvem o contexto da ciência, da tecnologia e da sociedade. Destacamos também, a matemática como conhecimento reflexivo e questionador da aplicação de artefatos que ela ajudou a entender e construir ao longo de nossa história. É primordial que, possa haver ênfase nesse conhecimento matemático reflexivo, de tal maneira, que a matemática não seja vista como um simples instrumento, uma mera ferramenta. Ela carrega consigo grandes responsabilidades.

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, no qual o conhecimento matemático não seja apenas uma ferramenta operativa, mas também um conhecimento avaliativo e transformador da realidade

2. Em busca da precisão

Revivendo um pouco da história de alguns povos, percebemos que o homem viveu muito tempo num universo impreciso e inexato. Koyré (s.d.) 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. Alegava-se que não existiam na natureza figuras perfeitas, como círculos, esferas, parábolas. Koyré (s.d) enfatiza que o papel e o lugar da matemática na ciência foi objeto de meditação e questionamento das filosofias por mais de mil anos, impedindo um avanço científico-tecnológico mais rápido, em uma época anterior à de Galileu. Assim, a principal idéia de Galileu era de conseguir matematizar o mundo, ou seja, “empregar na Terra instrumentos de medidas e medir exatamente o que quer que fosse para além das distâncias.” (KOYRÉ, p. 62).

Já há dois mil anos atrás, comenta Koyré,

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, de forma precisa, simplesmente porque não havia necessidade de passar de um mundo essencialmente prático, para um mundo mais abstrato e de grandezas exatamente calculadas.

Koyré destaca que, principalmente, até meados do século XVI, não havia a preocupação, com a medida de tempo; apenas o marcar o tempo 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. Assim, Koyré (p. 79) 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.”

Delizoicov (1991) comenta, citando Koyré, que um dos grandes problemas enfrentados antes de Galileu, era a concepção de um instrumento de medida, através do qual se estabeleceria então a idéia de exatidão, pela qual o mundo do aproximadamente tornaria a forma de preciso.

O caminho rumo à precisão na medida do tempo teve início com a confecção dos 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 marcado. Porém, tais relógios ainda não ofereciam precisão, uma vez que apresentavam um certo erro, pois não conseguiam marcar as subdivisões das horas. Com o passar do tempo, comenta Koyré (p. 80), “outros tipos de relógios mais precisos foram aparecendo, mas como eram muito caros, apenas algumas cidades puderam construí-los. E somente a partir do século XVII deixaram de ser elemento de luxo.” Contudo, esses relógios ainda não apresentavam propriamente a precisão, Koyré destaca que eles se constituíam em má-

quinas robustas e rudimentares, as quais necessitavam de vigia constante para que a margem de erro na marcação das horas não fosse muito grande. Dessa forma, até a metade do século XVI ainda reinava o tempo vivido, o tempo do aproximadamente na mentalidade dos homens, havendo até mesmo pessoas que não sabiam exatamente qual era a sua própria idade.

Apesar de os relógios terem sofrido uma evolução, não foi a partir do relógio dos relojoeiros que se construiu o relógio de precisão. Koyré afirma que o relógio cronométrico teve sua origem completamente diferente da que tiveram os relógios comuns, visto que foi uma criação do pensamento científico, ou seja, da realização consciente de uma teoria que surgiu com Galileu, Huygens (1629-1625) e Robert Hook (1635-1703), dela resultando o relógio de pêndulo e o relógio de espiral reguladora¹.

Assim, o grande mote impulsionador da tecnologia teve início a partir do século XVII, quando Galileu a partir do relógio de pêndulo, entre outros inventos, 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. Ela considerava a existência de 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, p. 93). Henry (1998, p. 20) assevera que a

“matematização da natureza que foi considerada um elemento importante da evolução científica, em geral era atribuída a uma formidável mudança no sistema metafísico que endossava todos os conceitos do mundo físico, introduzindo maneiras “platônicas” ou “pitagóricas” de ver o mundo em substituição à metafísica aristotélica da filosofia natural medieval. [...] Em palavras simples, a revolução científica viu a substituição de uma atitude predominantemente instrumentalista para com a análise matemática por uma perspectiva mais realista.”

De acordo com Delizoicov (1991), Galileu traz, então, para o âmbito do movimento terrestre, a exatidão, antes não admitida, via matematização, desse movimento. Koyré enfatiza que, para medir o movimento dos corpos, Galileu necessitava medir o tempo. Dessa forma, a medida do tempo foi realizada por Galileu através de uma clepsidra de água, de forma que ele obteve, assim, uma lei matemática que estabelecia esses movimentos segundo um cálculo exato, o que vinha a contrariar as concepções vigentes de que jamais os movimentos terrestres poderiam ser matematizados. Delizoicov (1991, p. 93) ainda afirma que

“a noção de movimento, inseparavelmente ligada à de tempo e à necessidade de sua matematização exigiu de um lado a concepção e criação do instrumento de medida, sobretudo do tempo e, de outro, que a noção de perfeição dos movimentos absolutos e perfeitamente regulares das esferas e astros celestes descritos pelas leis da geometria fosse aplicada aos movimentos terrestres.”

Dessa forma, Koyré atesta 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 (vice versa, matemáticos como Barrow e Newton vêem na própria geometria uma ciência da medida); descobre e formula (matematicamente) leis que lhe permitem deduzir e calcular a posição e a velocidade de um corpo em cada ponto de sua trajetória e em cada instante de seu movimento, e não é capaz de utilizá-las, porque não dispõe de nenhum meio de determinar uma duração, nem de medir uma velocidade.” (KOYRÉ, 1991, p. 276)

Entendemos que, a partir da influência de Galileu, significativos avanços teve a ciência, conseqüentemente

¹ KOYRE, Alexandre. *Estudos de historia do pensamento científico*. Trad. Marcio Ramalho. Rio de Janeiro. Ed. Forense Universitaria, 1991

abrindo espaço para a tecnologia, com a fabricação de instrumentos de medida e observação como foi o caso do telescópio e microscópio por ele desenvolvidos. Ao contrário do que se pensava, os aparelhos óticos não necessitavam apenas de boa qualidade em seu vidro, mas também de ângulos de refração medidos e calculados matematicamente. 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 certifica 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.

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. De acordo com Koyré (1991, p. 54) foi Galileu quem criou o

“primeiro instrumento verdadeiramente científico, isso sendo verdadeiro tanto para o pêndulo, quanto para o telescópio, esses constituem instrumentos no sentido mais profundo do termo; são encarnações da teoria. O telescópio de Galileu não é um simples aperfeiçoamento da luneta “batava”; é construído a partir de uma teoria ótica; e é construído com uma determinada finalidade científica, a saber revelar a nossos olhos coisas que são invisíveis a olho nu.”

Isso vem determinar que não é mais preciso colocar um artefato em função de sua própria “sorte”. Podemos agora, através da precisão das máquinas, resultado de uma ciência mais elaborada, prever e calcular, com um grau de precisão incrível, os possíveis comportamentos de nossas criações, sem antes mes-

mo construí-los. As máquinas de hoje em dia não são mais construídas através de cálculos aproximados. Antes se media de forma “um pouco mais ou um pouco menos”. Hoje se mede a partir da precisão que se queira obter. Assim, comenta Caraça (2002, p. 117) que

“por toda parte, em todos os ramos do conhecimento, há esta tendência para o quantitativo, para a medida, de modo tal que pode afirmar-se que o estado propriamente científico de cada ramo só começa quando nele se introduz a medida e o estudo da variação quantitativa como explicação da evolução qualitativa.”

Percebemos, então, que através da precisão no ato de medir, e em especial o tempo, abriram-se as portas para uma nova era. Passamos de um mundo impreciso ao universo tecnológico. De acordo com Grinspun (1998, p. 15):

“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.”

Assim, o homem exige da ciência meios que não só permitam a ele conhecer, mas prever os fenômenos. Quanto maior for a possibilidade de previsão, maior será seu domínio sobre a natureza, uma vez que quem consegue prever, pode-se prevenir melhor contra eventuais surpresas. Por conseguinte, é através da ciência que o homem pode construir quadros de interpretação e previsão que satisfaçam às exigências fundamentais dos fenômenos.

Porém, para que o homem pudesse entender e prever os fenômenos da natureza, 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, p. 40) 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.”

Podemos destacar, portanto, 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. 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. Dessa forma, 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 a tecnologia.

Sendo assim, pudemos perceber, através dessa reflexão sobre a idéia de precisão 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, como a matemática não apenas continua sendo importante para a vida humana, como também tem a sua importância aumentada a cada dia que passa no desenvolvimento científico e tecnológico.

É dessa forma que consideramos a importância do conhecimento matemático como fundamental no encaminhamento de discussões e reflexões críticas a respeito da ciência e da tecnologia em sua relação com a sociedade, pois seu significado vai muito além de agrupar números em fórmulas e executar operações complicadas. Ela permite também desmascarar as armadilhas, truques e mitos estatísticos que possam estar por detrás da simplicidade de apresentação de dados científico-tecnológicos que enganam nossa sociedade. É desse modo, que segundo Skovsmose (2001, p. 32) a matemática funciona “como a mais significativa introdução à sociedade tecnológica. É uma introdução que tanto dota os estudantes com habilidades técnicas relevantes, quanto dota com atitude “funcional” em relação à sociedade tecnológica.”

Assim, sua presença no currículo escolar funciona como importante base tecnológica, que vai muito

além da simples resolução e aplicação de fórmulas. Seu principal papel é dotar os futuros cidadãos de subsídios que os permita a interpretar os dados, analisar os modelos propostos, de forma que os alunos possam melhor representar a realidade, adquirindo ferramentas que lhes possibilite a resolução de problemas, bem como habilidades que lhes permita criticar e posicionar-se frente aos problemas sócio-político-econômico da sociedade, questionando-os e tomando decisões acertadas em busca das melhores soluções para a sociedade.

Entendemos que seja necessário, a nossos alunos, entender não só a matemática envolvida na ciência e na tecnologia, mas também, responsável pelos benefícios e conseqüências que as áreas do conhecimento, das quais faz parte, possam trazer para a sociedade em geral.

Assim, o desenvolvimento do conhecimento matemático deve ser compreendido como constructo social, 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 permita interagir com a natureza e solucionar problemas.

3. A importância de discutir sobre ciência, tecnologia e sociedade em matemática

Historicamente, a relação ciência, tecnologia e sociedade é tema relativamente recente dentro da nossa sociedade e no ensino. A importância de se discutir com os alunos os avanços da ciência e da tecnologia, suas causas, conseqüências, interesses econômicos e políticos de forma contextualizada, está no fato de concebermos a ciência “como fruto da criação humana, por isso, intimamente ligada à evolução do ser humano, desenvolvendo-se permeada pela ação dialética de quem sofre/age as diversas crises inerentes a este processo de desenvolvimento” (PRETTO, 1985, p. 23).

Entendemos, que o conhecimento gerado por todas as ciências, surgiu da necessidade de resolver os problemas presentes na sociedade da época. Com o passar do tempo, tornaram-se imprescindíveis para a vida do ser humano, transformando-se em disciplinas

escolares. Podemos citar, então, o motivo pelo qual a matemática está presente em nossas escolas, sendo apontado por Chevallard (2001, p. 45), como “uma consequência de sua presença na sociedade e, portanto, as necessidades matemáticas que surgem na escola deveriam estar subordinadas às necessidades matemáticas da vida em sociedade.”

No entanto, o que verificamos, é que, apesar de toda a importância da matemática para a sociedade, em nossas escolas seu enfoque raramente destaca questões de interesse social. Nunca enfatizamos, ou nem ao menos citamos, os problemas que a humanidade enfrentou e não esclarecemos que muitos deles tiveram sua solução através do uso da matemática, como pudemos verificar no início deste artigo.

O conhecimento matemático é transmitido através de repetições mecânicas que não intrigam, não propiciam a descoberta, porque não há o que descobrir. O que existe na verdade são equações, teoremas e modelos prontos, dos quais o aluno escolhe a fórmula, aplica-a e o problema está resolvido. Isso faz com que a matemática se torne uma ciência sem vínculo com as demais, e na observação de Moysés (1997, p. 63), faz dela um “extremo isolamento que cresce a cada dia na escola em relação ao mundo que a rodeia; como se na escola o que contasse fosse aprender vários tipos de regras simbólicas, aprendizagem essa que deve ser demonstrada no seu próprio interior.”

Por fazer parte da área científica, o conhecimento matemático, de acordo com D’Ambrósio (1986, p. 40), “é essencial ao 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.” Sob essa perspectiva, torna-se necessário um repensar sobre o ensino da matemática em nossas escolas, no sentido de enfatizar a sua contribuição como ciência prática e teórica, necessária ao desenvolvimento crítico da ciência e da tecnologia.

Nesse sentido, concordamos com Boavida (apud BARALDI, 1999, p. 91) quando ele ressalta

“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.”

Porém, percebemos que a forma como a matemática vem sendo trabalhada em nossas escolas dificilmente permite que esse tipo de competência possa ser desenvolvida. Trabalhamos a matemática com um fim nela mesma, descontextualizada do mundo que ela própria auxiliou a entender. Na maioria das vezes, desenvolvemos nossos conteúdos matemáticos num mundo afastado da realidade,

“ num ambiente exclusivamente matemático, fechado em si mesmo. [...] este modo de ver a matemática, é estritamente vinculado à visão platônica, que situa o mundo das idéias distinto do mundo em que vivemos, acabando por gerar e manter uma concepção de matemática veiculada na escola e na sociedade de um modo geral, que vê a matemática como dada, distanciada do fazer humano.” (IMENES apud GARNICA, 1992, p. 100)

Concebendo a matemática dessa forma, esquecemos a sua presença marcante na sociedade tecnológica como componente que, de acordo com Skovsmose (2001, p. 80), faz “intervenção real na realidade, não apenas no sentido de que um novo *insight* pode mudar as interpretações, mas também no sentido de que a matemática coloniza parte da realidade e a rearruma.” Não são poucas as aplicações da matemática em quase todos os 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. 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 na tecnologia.

É importante lembrar, que a matemática desde o seu nascimento – como já vimos no início desse trabalho – vem acompanhando os processos de ciência e tecnologia e é impossível negar a sua contribuição no desenvolvimento de novas tecnologias. Porém, é pre-

mente que o conhecimento matemático não apenas contribua na produção de novas tecnologias. É necessário entender 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 do mesmo. O conhecimento reflexivo de que aqui tratamos, pauta-se no sentido colocado por Skovsmose (2001, p. 116) como “o conhecimento que se refere à competência de refletir sobre o uso da matemática e avaliá-lo. Reflexões têm a ver com avaliações das consequências do empreendimento tecnológico.”

Dessa forma, acreditamos na importância de trazer para a disciplina de matemática, discussões sobre ciência, tecnologia e sociedade, pois cada disciplina pertencente ao currículo de todo e qualquer nível de ensino, precisa ter a preocupação com esses princípios básicos de ação cidadã. Isso porque, além de trabalhar com ciência e tecnologia, é preciso entender também os problemas por elas causados.

Nessa linha de discussões, podemos citar, alguns trabalhos que vêm sendo desenvolvidos, entre eles a experiência no curso de Engenharia Mecânica da UFSC, onde são abordados tópicos sobre ciência, tecnologia e sociedade no mundo atual – energia, saúde e demografia, alimentação, produção industrial, telecomunicações e transportes, questões éticas e políticas. Porém, acreditamos que esse tipo de trabalho não deva ser desenvolvido apenas por uma disciplina específica. Cabe a todos nós implementarmos essa idéia em nossas disciplinas de Cálculo, Estatística, Geografia, História, Química etc.

Alguns apontamentos já foram referenciados por Bazzo e Cury (2001) para as disciplinas do curso de Licenciatura em Matemática, os quais cabem perfeitamente para outros cursos superiores, no que diz respeito ao uso da história da matemática como referência para o questionamento de causas e consequências das invenções e descobertas, de forma que estas possam ser discutidas, quanto ao seu impacto no contexto social, como foi o caso da idéia de precisão. As autoras citam também a necessidade de questionamento dos modelos matemáticos e sua implicação para a vida em sociedade, bem como a interpretação de dados

estatísticos e a forma como eles são apresentados à população.

Além dos apontamentos já citados, outros trabalhos vêm sendo implementados na área de matemática, com o propósito de “desenvolver habilidades que permitam a atuação crítica do indivíduo na realidade, ou seja, as atividades de sala de aula devem colocar o aluno diante de problemas a serem resolvidos, onde ele próprio deve procurar recursos e criar estratégias de solução” (FRANCHI, 1995, p. 41).

A linha mestra desses trabalhos tem por proposta dar oportunidade aos alunos de estudar situações-problema, desenvolvendo seu interesse pela matemática, bem como aguçando seu senso crítico na tomada de decisões. Dentro dessa perspectiva, os alunos analisam um determinado problema no seu aspecto global, resolvendo as partes que estiverem ao seu alcance, ao mesmo tempo em que são motivados a estudar “outras matemáticas”, para resolver as partes restantes. Isso permite ao aluno atuar de forma crítica na realidade, ou seja, as atividades de sala de aula irão permitir que o próprio aluno possa criar estratégias e recursos de resolução dos problemas que envolvam ciência e tecnologia, em conjunto com a sociedade.

A discussão dos modelos na matemática pode, também, ser de grande importância, para focar assuntos sobre ciência, tecnologia e sociedade, podendo-se analisar as necessidades que o fizeram surgir e sua importância para o desenvolvimento da sociedade, apontando que a matemática é um produto do saber humano e que tem importância científica e tecnológica em relação com o contexto social, como pudemos verificar anteriormente.

Dentro dessa perspectiva, percebemos que acompanhar o progresso científico e tecnológico não é suficiente. É premente que os futuros cidadãos possam agir com consciência diante dos artefatos tecnológicos, buscando sempre maneiras alternativas de viabilizar esses processos, de tal forma que possam minimizar os riscos por eles trazidos para a sociedade em geral.

Entendemos assim que, em nossas escolas, não basta aos nossos alunos apenas conhecer as origens dos conhecimentos matemáticos e científicos e suas influências sobre a sociedade. É preciso que os próprios alunos possam construir novos modelos, bem

como, entender e questionar os modelos já existentes, como formas de interpretação da realidade, discutindo as suas influências e posicionando-se face aos tópicos abordados, de maneira tal que possam criticar artefatos produzidos pela ciência e tecnologia, tomando decisões fundamentadas nas suas reflexões em favor do contexto social.

4. Considerações finais

Tendo como base o importante aporte histórico sobre a gênese do conhecimento matemático, através do qual, pudemos destacar a importância da matemática para a ciência, para a tecnologia e para a sociedade, concluímos que não há como trabalhar a matemática em nossas escolas, seja em qual nível de ensino for, sem que ressaltemos a necessidade de promover discussões e reflexões críticas que envolvam o conhecimento científico e tecnológico, bem como as condições em que esse conhecimento foi produzido, sua posição no contexto social em sua íntima relação com a matemática.

Não cabe apenas, destacar as grandes descobertas científicas e tecnológicas, mas sobretudo a análise crítica que revelará acertos e distorções nas fases que preparam os elementos essenciais para essas descobertas e para sua expropriação e utilização pelo poder estabelecido.

Nessa linha de pensamento, 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 que relacionem ciência, tecnologia e sociedade, os alunos podem estar construindo uma imagem mais concreta da natureza científico-tecnológica, o que os levará a questionar as verdades absolutas, tanto na matemática quanto em outras ciências, analisando o uso inquestionado 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.

Dessa forma, percebemos que conhecer a matemática não representa apenas ter domínio de técnicas ou de suas aplicações, mas sim entendê-la na sua dimensão de conhecimento humano, envolvendo, portanto, o aspecto de análise, compreensão e comunicação da realidade. Observamos que não é possível entender o conhecimento matemático, sem uma reflexão sobre como o poder vigente tem determinado a organização intelectual e social e a difusão do conhecimento. E assim, indiretamente, a própria geração do conhecimento. Não podemos nos esquecer que a matemática é a espinha dorsal do conhecimento científico, tecnológico e social.

Todavia, entendemos que a introdução de novas formas de pensar, conhecer e aplicar o conhecimento matemático em nossas escolas não acontecerá de um dia para outro. Para que as mudanças possam acontecer é indispensável a participação das várias disciplinas, nas quais a matemática se faz ferramenta obrigatória, pois, de acordo com Brown (1991, p. 246), “todas as tecnologias necessárias, ferramentas e elementos de mudanças existem. O obstáculo real é nos decidirmos a nos compreender com um novo caminho. Esse caminho precisa partir de cada um de nós. E de todos nós conjuntamente.”

REFERÊNCIAS

- 1 BARALDI, Ivete Maria. **Matemática na escola: que ciência é esta?** Bauru: EDUSC, 1999. 180 p.
- 2 BASSANEZI, Rodney. Modelagem Matemática. **Dynamis FURB**, v. 1, p. 55-83, 1994.
- 3 BAZZO, Walter Antonio; CURY, Maria Helena. Formação Crítica em Matemática: uma questão curricular? **Boletim UNESP**, ano 14, n.º 16, p. 29-47, 2001.
- 4 BOCHNER, Salomon. **El papel de la matematica en el desarrollo de la ciencia**. Madrid. Alianza Editorial, 1991. 349 p.
- 5 BOYER, Carl. **Historia da Matemática**. Trad. Elza F. Gomide. 2 ed. São Paulo. Ed. Afiliada, 2001. 496 p.

- 6 BROWN, Lester. **O mundo assim instituído**. Trad. de Newton R. Eichenberg e Marco A. F. Bueno. São Paulo, 1991. 322 p.
- 7 BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. São Paulo. Ed. Perspectiva, 1974. 243 p.
- 8 CARACA, Bento de Jesus. **Conceitos Fundamentais da Matemática**. 4. ed. Lisboa. Gradiva, 2002. 328 p.
- 9 CHEVALLARD, Yves. **Estudar matemáticas: o elo perdido entre o ensino e aprendizagem**. Trad. Daisy Vaz de Moraes. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001. 336 p.
- 10 D'ÁMBROSIO, Ubiratan. **Da realidade à ação: reflexões sobre a educação e matemática**. São Paulo: Summus, 1986. 115 p.
- 11 DAVIS, Philip J.; HERSH, Reuben. **A experiência matemática**. Trad. João Bosco Pitombeira. Rio de Janeiro. F. Alves, 1985. 482 p.
- 12 _____. **O sonho de Descartes**. O mundo de acordo com a matemática. Trad. Mario C. Moura. 2. ed. Rio de Janeiro. F. Alves, 1998. 336 p.
- 13 DELIZOICOV, Demétrio. **Conhecimento, tensões e transições**. São Paulo, 1991. 196 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.
- 14 FRANCHI, R. H. de O. L. **A Modelagem Matemática como Estratégia de Aprendizagem no Cálculo Diferencial e Integral nos Cursos de Engenharia**. Rio Claro, 1993. 148 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista.
- 15 GARNICA, Antonio Vicente. **A possibilidade do trabalho hermenêutico da educação matemática**. Rio Claro, 1992. 203 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista.
- 16 GRINSPUN, Mirian P. Sabrosa. **Educação tecnológica: Desafios e perspectivas**. São Paulo: Cortes, 1999. 231 p.
- 17 HENRY, John. **A revolução científica e as origens da ciência moderna**. Trad. Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998. 149 p.
- 18 KOYRE, Alexandre. **Estudos de historia do pensamento científico**. Trad. Marcio Ramalho. Rio de Janeiro. Ed. Forense Universitaria, 1991. 387 p.
- 19 _____. **Galileu e Platão**. Trad. Jose Trindade Santos. Lisboa. Gradiva, s.d. 89 p.
- 20 MOYSES, Lucia. **Aplicações de Vygotsky à Educação Matemática**. São Paulo: Papyrus, 1997. 176 p.
- 21 PRETTO, Nelson de Luca. **A ciência nos livros didáticos**. Campinas/Salvador: Unicamp/UFBA, 1985. 95 p.
- 22 SKOVSMOSE, Ole. **Educação Matemática crítica: a questão da democracia**. Campinas, São Paulo: Papyrus, 2001. 160 p.
- 23 STRUIK, Dirk J. **História concisa das matemáticas**. Trad. João Cosme S. Guerreiro. Lisboa: Gradiva, 1992. 395 p.