

Matemáticos, educadores matemáticos e tecnologias: uma articulação possível

A relationship between history of technologies, mathematicians and mathematics educators

MARCO AURÉLIO KALINKE¹
LUCIANE MOCROSKY²
VIOLETA MARIA ESTEPHAN³

Resumo

A relação entre matemáticos e tecnologias é íntima e antiga. Diversos matemáticos desenvolveram ou participaram de forma ativa do desenvolvimento de novas tecnologias e o seu envolvimento auxiliou a atingir o estágio tecnológico atual. Esta História não pode ser esquecida e parte dela é aqui lembrada. Nas últimas décadas esta relação envolveu também os educadores matemáticos, que procuram desenvolver novos recursos e analisar de que forma as tecnologias de informação e comunicação interferem nos processos educacionais. O envolvimento destes educadores matemáticos, por ser recente, precisa ser explorado e documentado. É essencial sistematizar e levantar estes estudos, de forma a permitir que novas pesquisas sejam desenvolvidas, avançando sobre o que já se produziu e permitindo que a área avance e contribua para a melhoria do ensino da matemática.

Palavras-chave: Educação Matemática, Tecnologia, História da Matemática.

Abstract

The relationship between mathematicians and technologies is intimate and ancient. Several mathematicians developed or participated actively in the development of new technologies, and their involvement helped to achieve the current technological stage. This history can't be forgotten, and part of it is here remembered. In the past few decades this relationship also involved the mathematics educators, who have been trying to develop new means and analyze how the information and communication technologies interfere with the educational process. The involvement of these mathematics educators, for being recent, needs to be explored and documented. It is essential to systematize and raise these studies, so as to allow new researches to be developed, progressing on what has already been produced and allowing the area to advance and contribute to the improvement of mathematics teaching

Keywords: Mathematical Education, Technology, History of Mathematics.

¹ Doutor em Educação Matemática - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - marcokalinke@yahoo.com.br

² Doutor em Educação Matemática - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - mocrosky@utfpr.edu.br

³ Mestre em Educação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - estephan@utfpr.edu.br

Introdução

Em boa parte das atividades humanas, a qualquer tempo da sua história, observa-se a presença da tecnologia. Contudo, em cada época ela se destaca com um fundo diferenciado. Sobre isso, pode-se afirmar que um entendimento contemporâneo vem sendo construído, quando se constata um entrelaçamento mais evidente entre ciência e técnica. Nesse sentido, a tecnologia tem relação com conhecimento aplicado, com um saber fazer sedimentado na teoria e nas experiências científicas, que, desde o século XVII, tem se dado pela parceria e cumplicidade entre ciência técnica (VARGAS, 1994). Ao se buscar abrir o discurso sobre tecnologia, pode-se enveredar para significados que ela vem apontando nos distintos modos disciplinares de a ciência ser organizada, por exemplo, a eletrônica, a informática, a Matemática, a Biologia, entre outras. Pode-se, também, caminhar no sentido de compreendê-la pelo que tem se manifestado no cotidiano das pessoas ao se falar em tecnologia.

De qualquer modo, a tecnologia está diretamente associada ao desenvolvimento. Porém, quando observado o senso comum, o que se mantém em qualquer campo de atuação revela as tecnologias da informação e comunicação (TICs) como um fio que conduz ações para o desenvolvimento e elaboração de técnicas e instrumentos. É por esse viés, dos afazeres cotidianos, que ela perpassa a vida das pessoas.

Nesse sentido, a presença das TICs tem sido a face mais evidente das tecnologias na vida em sociedade, sobressaindo-se aos indivíduos a noção que ela traz facilidades, maior conforto, chamamento por renovação, superação, mudança, fluxo intenso de informação, indicando fortemente o sentimento de obsolescência.

No que tange o mundo da educação, que não é alheio ao socialmente vivido, percebe-se a tensão entre as TICs como mecanismo para a inclusão de alunos, ao trazer para a sala de aula o disponível no dia a dia, e a sua utilização para promover mudanças no ensino com vistas à aprendizagem. De qualquer modo, desvela-se o aparato tecnológico pela possibilidade do resultado do seu uso, permanecendo encobertas a sua criação, trajetória evolutiva e seus personagens, ou seja, a sua história.

A presença das TICs na sociedade contemporânea vem acontecendo num ritmo de constante crescimento, tanto quantitativo como qualitativo. A disseminação de computadores, da Internet e dos recursos a ela associados despertou, e continua despertado, o interesse de pesquisadores de diversas áreas e se constitui como um campo importante para pesquisa. Na Educação Matemática não é diferente. Nela, o uso de recursos tecnológicos também assume posição de destaque, quer pelas discussões

que sinalizam cada vez mais a importância de o ensino da Matemática sintonizar-se com as necessidades e demandas para a vida em sociedade; quer pelo reconhecimento das complexidades que envolvem a formação do professor que ensina Matemática na educação básica; quer pelos resultados que seu uso pode propiciar. De qualquer modo, a utilização de novas tecnologias está se tornando uma praxe em muitas atividades pedagógicas.

A despeito disto, no ambiente educacional, quando se dispõe a pensar sobre “o que são as TICs?” pode-se ficar perplexo diante do fascínio que elas causam, bem como das particularidades subjacente ao objeto técnico, ou seja, aquilo que se disponibiliza a nós para um uso cotidiano. Entretanto, nestas particularidades há a possibilidade do desvelamento, ao caminhar atentos, de que o desenvolvimento matemático e tecnológico caminham lado a lado. Para adiante disso, pode-se observar que sem o primeiro não havia o segundo.

Este texto apresenta nomes e produções, que sob o olhar dos autores alcançaram destaque e mostram o caminhar conjunto entre o desenvolvimento matemático e tecnológico. A intenção é apresentar a relação íntima entre matemáticos e tecnologias, que se mantém a se amplia em diversos campos de conhecimento, inclusive na Educação Matemática. Esta relação pode ser interessante como forma de conhecer a história, tanto da matemática quanto da tecnologia e como forma de oferecer subsídios para fundamentar o uso de tecnologias em atividades educacionais. Ressalte-se que o texto não tem por objetivo produzir uma lista fechada de participantes deste recorte histórico. Personagens podem ser acrescidos, ou ter sua importância revista em outros trabalhos. O que este texto propõe é evidenciar a participação de matemáticos no desenvolvimento de novas tecnologias, sua colaboração ativa e seu pioneirismo no uso destas tecnologias, inclusive em atividades de Educação Matemática. Para avançar, apresenta-se a importância das pesquisas relacionadas ao uso de tecnologias e Educação Matemática e a necessidade de analisar o estado da arte destas pesquisas no Brasil.

Aspectos metodológicos do trabalho

Para desenvolver este trabalho, fruto de uma investigação qualitativa, recorreu-se a um estudo teórico e reflexivo. Voltou-se o olhar à tecnologia, buscando pelas expressões do seu desenvolvimento no instrumento que se dirige à Educação Matemática e, por ele, lançou-se luz aos profissionais, sua formação, interesse de atuação que favoreçam a compreensão do momento histórico-tecnológico atual.

O modo de proceder, que encontrou sustentação metodológica nos trabalhos de Bicudo (2005, 2011), foi construído a partir dos instrumentos que trouxeram perspectivas para a execução e compreensão das quatro operações matemáticas elementares. Criadores e criações que favoreceram os cálculos foram, então, o ponto deflagrador dessa caminhada. Avançou-se na sofisticação desses instrumentos, bem como no cenário, que revela novos atores. O estudo culmina com os reflexos desse desenvolvimento ocorrido no campo das ciências exatas e da tecnologia, dirigindo-se ao das ciências humanas, a saber, o da Educação Matemática. Atentos à objetividade histórica, definiram-se os personagens ligados às ciências exatas e às aplicadas no campo da tecnologia. Com relação à Educação, focaram-se alguns dos precursores no uso de tecnologias com preocupações pedagógicas, sendo definidos pelo estudo atendo da produção dos núcleos de pesquisa em tecnologia voltados a Educação Matemática, evidenciados na plataforma lattes. Este recorte pode explicar a ausência de muitos pesquisadores, que, em função dele, podem não ter suas contribuições citadas, mas elas não são desmerecidas. Finaliza-se apresentando um breve panorama de pesquisadores que tratam do uso de tecnologias em Educação Matemática, em especial no Brasil e a necessidade de aprofundar o estudo deste campo.

Um percurso histórico: os primeiros instrumentos mecânicos para cálculos

A busca por máquinas e equipamentos que auxiliem a resolver problemas, matemáticos ou não, e a tomar decisões, é antiga. Caso se entenda o ábaco como uma tecnologia cuja finalidade seja auxiliar a resolver problemas numéricos, manipulando os números e suas posições, observa-se que ela remonta há mais de quatro mil anos. O ábaco, contudo, não pode ser considerado uma máquina, mas um dispositivo de auxílio ao cálculo. Entre os romanos, esse instrumento possibilitou a realização das operações, pois o sistema de numeração desse povo não permitia tal tarefa. As contas eram feitas no ábaco e o sistema de numeração romano era utilizado apenas para registrar os resultados. Esse dispositivo não só facilitou como viabilizou tal tarefa, pois segundo Noé (2012, p. 1) “ele não efetua as operações, mas apenas contribui na memorização das casas posicionais enquanto os cálculos são feitos mentalmente”.

Quando se trata de máquinas que realmente efetuem cálculos, encontra-se no século XVII o registro das primeiras tentativas, ainda que primitivas e rudimentares. Um dos

primeiros dispositivos utilizados para esta finalidade foi criado por volta de 1600 pelo matemático escocês John Napier (1550-1617). Napier contribuiu fortemente para o desenvolvimento das exatas ao inventar os logaritmos. Seus estudos tiveram início por volta de 1594, mas apenas em 1614 publicou resultados de sua descoberta na obra *Mirifici logarithmorum Canonis Descriptio*. Os cálculos e tabelas criadas por Napier originaram os “Bastões de Napier”, também conhecido por “Barras de Napier”. Esse instrumento, que revolucionou o processo de computar, era formado por um conjunto de 9 bastões, um para cada dígito, que transformavam a multiplicação de dois números numa soma das tabuadas de cada dígito. Segundo Davis (1992) Napier, em 1617, descreveu este instrumento em um trabalho intitulado *Rabdologia*, palavra de origem grega que significa barras. Este trabalho por algum tempo chamou mais atenção dos matemáticos e astrônomos do que os logaritmos.

O dispositivo criado por Napier passou por várias reformulações, com o objetivo de facilitar a tarefa de multiplicar. A primeira foi a transformação das barras em cilindros paralelos. Um desses instrumentos pode ser encontrado no Museu de Ciências de South Kensington, na Inglaterra e acredita-se que tenha pertencido a Napier.

Em 1633 William Oughtred (1574-1660), matemático e teólogo inglês, teve a ideia de representar os logaritmos em escalas de madeira, chamando-as de “círculos de proporção”. Este dispositivo originou o que ficou conhecido como Régua de Cálculos. Nela, os logaritmos são representados por traços na régua e sua divisão e produto são obtidos pela adição e subtração de comprimentos. Este dispositivo é considerado o primeiro computador analógico da história (COPELAND, 2006; OKA e ROPERTO, 2000).

Outras contribuições visando o desenvolvimento e praticidades da régua de calcular foram feitas por Amédée Mannheim, tenente da artilharia da França ao utilizar um cursor móvel, por Edwin Teacher que converteu este instrumento para a forma cilíndrica e por William Cox que criou a régua duplex.

O princípio da primeira máquina mecânica de calcular foi proposto em 1623 pelo professor alemão Wilhelm Shickard (1592-1635) que, ao colocá-lo em prática, construiu o relógio calculador. O seu funcionamento era por rodas dentadas que representavam os algarismos de 0 a 9 e que, automaticamente, realizavam as quatro operações básicas. Essa máquina foi destruída por um incêndio, durante a Guerra dos 30 anos e as informações sobreviveram devido a uma carta enviada por Schickard a Kepler (1571-1630), conforme consta em Breton (1991).

O passo seguinte foi dado com o contador mecânico criado por volta de 1640 pelo matemático francês Blaise Pascal (1623-1662), que utilizou engrenagens para somas e multiplicações. Essas máquinas, que ficaram conhecidas como “Pascalinas”, executavam somente operações seqüenciais, independentes entre si. A cada nova operação, o operador deveria intervir, introduzindo novos dados e o comando necessário para determinar qual a operação que deveria ser efetuada. O aspecto mais importante destas máquinas era o de que elas tinham capacidade de memorização, isto é, armazenamento dos resultados. As “Pascalinas” são consideradas as primeiras calculadoras da história (MARQUEZE, 2005).

O envolvimento de Pascal com as máquinas de calcular se iniciou quando, por volta dos dezoito anos, ele se dedicou a planejar um dispositivo para contar que permitisse que se fizessem operações sem lápis nem papel, sem que se soubesse qualquer regra de aritmética, mas com grande acerto nos resultados. A sua máquina de calcular era constituída de uma roda dentada construída com 10 dentes, que correspondiam individualmente, aos algarismos de 0 a 9. A primeira roda da direita correspondia às unidades, a posicionada à sua esquerda às dezenas, a seguinte às centenas e assim sucessivamente.

Um mecanismo construído com uma garra transportava dez unidades para uma dezena, dez dezenas para uma centena e assim por diante. Deste modo, cada vez que numa das rodas o algarismo passava de nove a zero, a roda vizinha era arrastada e deslocava-se um dente. A máquina permitia efetuar operações de adição e subtração. Utilizando-se os métodos de adição e subtração sucessivas podia-se também multiplicar e dividir.

O invento de Pascal foi considerado uma verdadeira revolução e ele conseguiu construir e vender aproximadamente cinquenta unidades. A construção da máquina, entretanto, foi muito complicada e exigiu-lhe dois anos trabalhando com os artesãos. Esse trabalho comprometeu de maneira decisiva sua saúde, que se tornou muito frágil daí por diante, levando-o a falecer com apenas 39 anos de idade.

A máquina de Pascal chegou, algumas décadas depois, ao matemático alemão Gottfried von Leibniz (1646-1716) que estudou teologia, direito, filosofia e matemática. Segundo Boyer (1999) muitos consideram Leibniz o último sábio a conseguir conhecimento universal. Em 1666 ele publicou “*Dissertatio de arte combinatória*” na qual formulou um modelo que é o precursor teórico da computação moderna: todo raciocínio, toda descoberta, verbal ou não, é redutível a uma combinação ordenada de elementos tais como números, palavras, sons ou cores. Em 1667, Leibniz dedicou-se a um trabalho no

qual mostrava a necessidade de uma filosofia e uma aritmética do direito e uma tabela de correspondência jurídica. Tratava-se de um sistema lógico de catalogação que, em seus princípios, pode ser comparado aos atuais princípios da informática.

No âmbito dos recursos tecnológicos, sua contribuição maior reside no aperfeiçoamento da máquina de Pascal. As calculadoras de Leibniz, superior às Pascalinas, eram capazes de fazer as quatro operações matemáticas básicas e adquiriram a capacidade de extrair a raiz quadrada. Leibniz também iniciou o desenvolvimento formal da aritmética binária que, posteriormente, tornou-se a base para os computadores modernos. Em 1673 ele foi à Inglaterra e apresentou sua máquina à *Royal Society*. As calculadoras mecânicas, movidas por discos e engrenagens desenvolvidas depois das calculadoras de Leibniz, foram utilizadas até serem substituídas por outras, eletrônicas.

Seguindo o histórico das máquinas de calcular, chega-se ao matemático inglês Charles Babbage (1791-18710) que se dedicou a desenvolvê-las depois de Leibniz. Babbage fundou, com John Herschell, George Peacock e outros, a *Analytical Society* para promover a matemática continental e reformar a matemática de Newton. Babbage é considerado o pai dos computadores, pois como professor de matemática em Cambridge concebeu a ideia de um dispositivo mecânico capaz de executar uma série de cálculos. Este equipamento seria movido a vapor e usaria cavilhas, rodas dentadas, cilindros e outros componentes mecânicos que estavam presentes na era industrial em que ele viveu (BOYER, 1999).

Mesmo sendo uma estrutura mecânica, Babbage previu que ela poderia seguir conjuntos mutáveis de instruções, servindo assim a diferentes funções. Para tanto, ele percebeu que haveria a necessidade de criar uma nova forma de linguagem, que se destinaria a possibilitar que a máquina fosse programável, através de instruções condicionais, que lhe permitiriam modificar suas ações em respostas a diferentes situações. A máquina analítica idealizada por Babbage incluía cinco aspectos importantes para as gerações seguintes de computadores:

- um dispositivo de entrada;
- facilidade de armazenar números para processamento;
- um processador ou calculador numérico;
- uma unidade de controle central para organizar as tarefas a serem executadas;
- um dispositivo de saída.

Babbage foi um dos primeiros a perceber que uma única máquina poderia servir a diferentes propósitos. Ainda na primeira metade do século XVIII foi demonstrado ser

possível programar máquinas para executar tarefas através dos princípios de programação por cartões perfurados.

Charles Babbage também vislumbrou, no início do século XIX, dispositivos capazes de manipular informações, desde que estas fossem convertidas em números e obteve resultados expressivos em criptografia. Baseado no tear mecânico de Jacquard, ele projetou duas máquinas, chamadas “Máquina de Diferenças” e “Máquina Analítica”, que podem ser consideradas como os primeiros projetos de computadores da história.

A precursora da programação e os primeiros computadores

As ideias de Babbage influenciaram Ada Lovelace (1815-1852). Matemática inglesa, Ada foi educada pelo matemático logicista inglês Augustus de Morgan. Ao tomar contato com as idéias de Babbage, Ada interessou-se pelas possibilidades que visualizou e dedicou-se a estudá-las. Previu que a máquina de Babbage poderia ser utilizada para compor músicas complexas e produzir gráficos, além de muitas outras finalidades, que a levariam a ser usada para uso prático e científico. Matemática talentosa e mulher à frente do seu tempo, Ada compreendeu o funcionamento da Máquina Analítica e escreveu os melhores relatos sobre o processo.

Uma das poucas mulheres a figurar na história inicial do processamento de dados, Ada sugeriu a Babbage que escrevesse um plano para que sua máquina pudesse calcular números de Bernoulli e desenvolveu um novo método de interação com as invenções de Babbage usando cartões perfurados. Este plano é considerado o primeiro programa de computação desenvolvido e ela ficou conhecida como fundadora da linguagem científica de programação e a primeira programadora reconhecida. Segundo Mano (1998, p. 01) “Babbage e Ada estavam muito além do seu tempo e não conseguiram financiamento para construir o seu Computador Analítico, que ficou apenas como uma belíssima idéia no papel - ele nunca foi concluído”.

Nas décadas seguintes vários matemáticos, e outros profissionais, trabalharam para desenvolver a ideia de máquinas de calcular e computadores. Foi durante o século XX, entretanto, que estas máquinas tornaram-se parte efetiva do cotidiano social. Data do início deste século o surgimento da notação binária, que possibilitou o aproveitamento dos circuitos elétricos em calculadoras. Apenas na década de 1940, contudo, um grupo conseguiu construir um computador eletrônico baseado nos princípios da máquina analítica de Babbage. Entre os envolvidos neste projeto destacam-se os matemáticos Norbert Wiener, John von Neumann, Alan Turing e Claude Shannon.

Norbert Wiener (1894-1964) foi um matemático prodigioso. Wiener ingressou na universidade com 11 anos, graduou-se em matemática aos 14 e recebeu o doutorado em lógica aos 18, tendo sido aluno de David Hilbert e de Bertrand Russel. Especialista em matemática e físico-matemática trabalhou durante a II Guerra em pesquisas sobre sistemas eletrônicos de defesa nas áreas de comunicação e informação. Estudou a computação automática e publicou em 1948 o livro “*Cybernetics: Or Control and communication in the Animal and in the Machine*”⁴, reconhecido como um dos mais importantes livros do pensamento científico contemporâneo.

A principal contribuição de Wiener para o desenvolvimento da tecnologia não foi uma peça ou equipamento, mas a criação de um ambiente intelectual em que computadores pudessem ser desenvolvidos. Wiener estudou o "piloto" da máquina a vapor de James Watt, que regulava automaticamente a sua velocidade. Ele percebeu que para que os computadores fossem desenvolvidos, deveriam se assemelhar a habilidades dos seres humanos no controle de suas próprias atividades.

A palavra cibernética origina-se num termo grego que significa “timoneiro, piloto”, numa clara alusão ao piloto da máquina de Watt. A teoria da cibernética de Wiener tornou-se uma ciência que estimulou as pesquisas em muitas áreas dos sistemas de controle e sistemas que trabalham com informação. Wiener também fez uma análise extensa das ondas cerebrais e explorou as semelhanças entre o cérebro humano e os computadores capazes de associação, escolha e decisão.

Outro expoente matemático de grande importância no desenvolvimento da informática foi o húngaro John von Neumann (1903-1957). Batizado com o nome de Neumann János Lajos Margittai em Budapeste von Neumann é considerado um dos mais extraordinários pensadores do século XX (FUCHS, 1970). Além de trabalhar com economia matemática e teoria dos jogos, foi pioneiro na informática ao propor a solução para os problemas ligados à construção e operacionalidade das máquinas, que nada tinham de práticas até então.

A notação binária possibilitou a necessidade de acelerar os cálculos de tabelas, especificamente para finalidades militares e levou à construção do ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*). Estes computadores, tais como eram construídos, possuíam um número muito grande de válvulas. Devido principalmente ao aquecimento, ocasionado pelo funcionamento constante e simultâneo, a quantidade de

⁴ Cibernética: ou Controle e Comunicação no Animal e na Máquina. Publicado no Brasil pela EDUSP em 1970.

válvulas que queimavam durante o trabalho causava sérias restrições ao seu uso e exigia manutenção constante. O ENIAC, com suas 30 toneladas, 17 mil válvulas e 1500 relés, necessitava um exército de empregados, tanto para manutenção quanto para alterar a posição de todos os seus cabos, a fim de que uma nova função fosse executada. Vale observar que esta mudança de cabos deveria ser efetuada a cada vez que se desejasse executar uma nova função (LÉVY, 1993).

Foi von Neumann quem propôs um modelo de equipamentos que permitisse seu funcionamento sem a necessidade de mudanças de cabos. A “Arquitetura de von Neumann” como ficou conhecida, baseava-se em princípios entre os quais o de que as instruções fossem armazenadas na memória do computador. Até então elas eram lidas de cartões perfurados e executadas, uma a uma. Armazená-las na memória, para então executá-las, tornaria o computador mais rápido, já que, no momento da execução, as instruções seriam obtidas com rapidez eletrônica. O computador poderia, então, executar novas tarefas a partir de instruções armazenadas na memória e não mais na alteração física de cabos. Segundo Gates (1995) von Neumann criou o paradigma que até hoje é seguido pelos computadores digitais. Ao se colocar as suas idéias em prática surgiu o computador moderno, próximo do que se conhece atualmente.

Outro integrante do grupo de matemáticos pioneiros na construção de computadores eletrônicos foi Alan Turing (1912-1954). Oriundo da Universidade de Cambridge publicou em 1936 um estudo chamado “*On Computable Numbers*”, que introduziu o conceito de um dispositivo teórico que ficou conhecido como “Máquina de Turing”. A sua intenção era abordar o décimo problema proposto por Hilbert em 1900, no segundo Congresso Internacional de Matemática, realizado em Paris.

Para resolver o problema, Turing descreveu uma máquina abstrata muito simples que seria capaz de efetuar de modo automático um cálculo, desde que a sua configuração fosse definida por uma tabela de instruções. Tratava-se de um dispositivo que trabalharia de forma mecânica utilizando algoritmos para efetuar cálculos. O esquema de Turing tornava possível a formulação de algoritmos pela máquina de Turing correspondente (GATES, 1995).

Dado um problema, ela poderia resolvê-lo com a utilização de papel e um dispositivo de escrita. Neste papel, em forma de uma longa tira, seriam anotados os passos individuais de cálculo. Esta tira ficou conhecida como “fita computadora” da máquina de Turing. A máquina utilizava as quatro operações elementares e as instruções contidas na tira. A cada movimento desta, para frente ou para trás, um novo passo era indicado ou uma

nova operação era resolvida. O seu funcionamento era controlado por um grupo de instruções, cujo esquema podia ser padronizado ou tabelado.

A máquina de Turing pode calcular todas as funções que um calculador “finito” pode calcular num procedimento de passo a passo. E, afinal de contas, todos nós somos calculadores “finitos”. Vastos trechos da paisagem matemática podem ser assim revelados, por meios puramente mecânicos (FUCHS, 1970, p.268).

Comparativamente, pode-se afirmar que a máquina de Turing era a sua própria versão de uma calculadora de uso geral, capaz de receber instruções para trabalhar com praticamente qualquer tipo de informação (GATES, 1995). Hoje é quase imediata a ligação entre a máquina de Turing e os *softwares* que realizam inúmeras operações, sejam elas matemáticas ou não.

Com a base teórica para a construção dos modernos computadores praticamente elaborada, faltava, para que eles funcionassem adequadamente, uma base teórica que permitisse o armazenamento de informações de forma fácil e segura. Isto foi conseguido pelo matemático norte-americano Claude Shannon (1916-2001).

Shannon formou-se em Matemática e Engenharia Elétrica na Universidade de Michigan e fez seu mestrado e doutorado no MIT, onde foi aluno de Vannevar Bush, que havia desenvolvido um computador analítico que resolvia equações diferenciais. Por sua indicação e orientação, Shannon dedicou-se a estudar e analisar a estrutura lógica da máquina.

Os seus estudos mostraram como projetar máquinas baseadas na lógica algébrica descrita um século antes por George Boole. Na lógica booleana só há dois valores no sistema de cálculo lógico: 1 e 0. Se um valor é verdadeiro, ele pode ser representado pelo valor 1 e, se falso, pelo 0. As operações lógicas da álgebra booleana podem ser agrupadas e formar novas operações. Shannon percebeu que a mesma álgebra poderia descrever o comportamento de circuitos elétricos chaveados. A álgebra booleana torna possível a construção de um dispositivo de "estado" que pode armazenar qualquer informação específica, seja um dado ou uma operação. Para Shannon, se um circuito elétrico pudesse executar operações matemáticas e lógicas, e conseguisse também armazenar os resultados de tais operações, então os computadores digitais poderiam ser construídos. Deste modo, Boole contribuiu, de forma indireta para a evolução da informática e dos computadores.

O inglês George Boole, considerado o pai da lógica matemática, deu os fundamentos lógicos que permitem a criação de programas. Ele

também estabeleceu uma forma de armazenar e processar informações utilizando relações binária, em seu livro, *As leis do pensamento*, publicado em 1854 (SANTOS, 1997, P. 01).

Shannon também mostrou, com o auxílio da Teoria das Probabilidades, como medir a quantidade de informação e introduziu a unidade de medida de informação - o *bit* - *binary digit*. Estas idéias foram publicadas num artigo intitulado “*The Mathematical Theory of Communication*”, que é apontado como o marco inicial da Teoria da Informação.

A notação binária, já abordada por Leibniz e desenvolvida até a abordagem de Shannon seria, mais tarde, a base para a linguagem dos computadores. É para ela que as informações são traduzidas, armazenadas e utilizadas nos equipamentos informatizados. Este sistema permite que as informações sejam duplicadas e repassadas adiante sem erros ou duplas interpretações. Enquanto os cálculos com números binários são pouco atraentes devido ao grande número de dígitos que seria preciso manipular, a tabuada de multiplicação se reduz a poucas relações. Toda e qualquer informação pode ser convertida em números usando apenas os algarismos zero e um. Em linguagem computacional cada 0 e 1 é chamado de *bit*. Uma vez convertida a informação, ela pode ser armazenada numa longa cadeia de *bits*. Essas cadeias de números são o que se convencionou chamar de informação digital.

Apesar da conveniência de converter qualquer informação para representações digitais, o número de *bits* pode crescer muito rapidamente, o que pode levar a saturação da capacidade de memória da máquina ou provocar a lentidão na execução de cálculos e tarefas. Este é o principal motivo que leva à procura por computadores cada vez mais potentes e com capacidades de cálculos maiores.

A partir da década de 1960 o desenvolvimento dos computadores começou a se intensificar. A quantidade de recursos financeiros destinados para este fim aumentou substancialmente, dando aos grandes projetos força adicional. Estes projetos, em geral, eram compostos por vários grupos, que envolviam físicos, engenheiros e matemáticos. Com o avanço da informática e das especificidades que foram surgindo, outros profissionais se fizeram necessários. Hoje os grupos de desenvolvimento são multidisciplinares, envolvendo inclusive profissionais das áreas biológicas e humanas, tais como psicólogos, médicos e fisioterapeutas.

Uma visão interessante do início da era da informática moderna, e de como eram vistos os computadores neste período, pode ser encontrado em FUCHS, no início da década de 1970.

Pois todos esses dispositivos, sejam ábacos, caixas registradoras ou computadores eletrônicos, são dispositivos de contagens; isto é, eles nada mais fazem do que fornecer um aperfeiçoamento técnico ao processo de “contar nos dedos”. A palavra em latim que significa dedo é *digitus*, daí o nome de “dígitos” para os números de zero a nove, e daí o termo “computador digital” (FUCHS, 1970, p. 258).

Com o surgimento dos transistores, tornou-se viável a construção dos circuitos integrados, que deram, mais tarde, origem aos chips de computador. Data deste período o início do uso efetivo da informática por exércitos e estruturas governamentais. Em decorrência do tamanho, do alto custo e da falta de utilidade doméstica destes equipamentos, eles estavam restritos ao uso estatal ou a algumas grandes corporações.

Nesta mesma época um grupo de jovens americanos iniciou o desenvolvimento do que viria a ser, mais tarde, o computador pessoal. Os primeiros equipamentos nada mais eram do que máquinas enormes, sem teclados, sem tela, com capacidade de memória muito pequena e que não podiam ser programados. Segundo LÉVY (1993), eles não serviam praticamente para nada. Sua única finalidade era o divertimento de construí-los. Na década de 1970, com o surgimento da linguagem *Basic (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code)*, os computadores primários caminharam na direção de se tornarem dispositivos programáveis, capazes de obedecer a determinados comandos e emitir alguns resultados.

Chegou-se, então, ao equipamento conhecido nos dias atuais. Não se trata da máquina enorme que os exércitos e empresas já dispunham há algum tempo, mas de pequenos aparelhos, capazes de cálculos gigantescos, com grande capacidade de memória e que podem ser transportados facilmente por qualquer pessoa.

O surgimento da Internet

Paralelamente à transformação dos computadores em equipamentos domésticos, surgiu uma rede de comunicações que permitiu a troca de arquivos e mensagens entre eles. O projeto inicial de uma rede de comunicação entre computadores atendia essencialmente a finalidades militares. O Departamento de Defesa dos Estados Unidos envolveu-se num projeto chamado ARPAnet (*Advanced Research Projects Agency*), que objetivava criar

uma rede descentralizada de comunicações capaz de resistir a um bombardeamento ou ataque nuclear que, à época da guerra fria, era tido como provável.

Esta rede foi, até o fim da década de 1980, uma rede governamental a serviço exclusivo de laboratórios militares e departamentos científicos. A partir do momento em que ela se tornou disseminada entre acadêmicos e pesquisadores, ganhou novas aplicações e abriu-se uma gama enorme de novas possibilidades para sua utilização.

Foi criada, então, a NSFNET (*National Science Foundation NETWORK*), que objetivava estabelecer a ligação entre cinco centros de super computadores, localizados em cinco grandes universidades, facilitando a investigação acadêmica. A NSFNET foi a primeira rede que permitiu acesso universal a instituições de ensino superior.

O sucesso desta rede levou à desativação da ARPAnet, no início da década de 1990. Paralelamente, a ligação de empresas à Internet e a redução dos preços dos equipamentos, e a criação da *World Wide Web* (www) ofereceram o substrato necessário para o desenvolvimento da rede e trouxeram um potencial de crescimento até então abafado. Entre as suas potencialidades estão o comércio eletrônico, a facilidade de comunicação e a sua implementação em situações educacionais, entre diversas outras.

O período do início da troca de arquivos entre computadores até a criação da Internet, nos moldes da *World Wide Web*, está descrito em vários trabalhos. Destacam-se os de LÉVY (1993), GATES (1995) e D'EÇA (1998), que nos oferecem uma visão abrangente e completa deste importante momento histórico.

Hoje é possível acessar a Internet a partir de telefones celulares, aparelhos de televisão, eletrodomésticos, automóveis e uma série de outros equipamentos destinados ao lazer e diversão. De forma semelhante, a disponibilização de informações na rede também vem sendo simplificada. Se no início da Internet era necessário dominar linguagens específicas, hoje é possível utilizar várias opções para incluir informações na rede. São exemplos desta facilidade de disponibilização as redes sociais, os *blogs*, *fotoblogs*, *wikipage* e *webquests*, entre outros.

Vários matemáticos contemporâneos tiveram participação efetiva no desenvolvimento de novas tecnologias neste período. Entre eles podemos citar Richard Wesley Hamming, James Hardy Wilkinson, Donald Knuth, Richard Karp, Robert Endre Tarjan, Juris Hartmanis e Edmund Melson Clarke. Todos são personagens de destaque nesta evolução das tecnologias. As suas principais contribuições estão centradas no desenvolvimento de algoritmos e estruturas de cálculo que possibilitaram o avanço das tecnologias existentes e novas descobertas de formas de tráfego de dados e do aumento

da velocidade deste tráfego. Todos eles foram agraciados com reconhecimento e premiações pelas suas contribuições, tanto por Universidades e grupos acadêmicos, quanto por empresas privadas que investem somas consideráveis de recursos nesta área. Como se trata de um período recente, as suas contribuições poderão ser mais bem avaliadas por gerações futuras. O horizonte atual ainda não permite uma análise definitiva do impacto das descobertas realizadas por estes pesquisadores em longo prazo. Sabe-se, contudo que elas serão fundamentais para a continuidade do avanço das tecnologias. Evidencia-se, assim, pelo que foi exposto, que os matemáticos estão umbilicalmente ligados ao avanço tecnológico entre as décadas de 1960 e 2010.

Educadores matemáticos e tecnologias: uma articulação possível e necessária

Com o desenvolvimento dos computadores e da *web* outras tecnologias e equipamentos foram surgindo. É o caso do *tablets*, das câmeras digitais, dos celulares, GPS e lousas digitais, por exemplo. Algumas destas tecnologias se popularizaram rapidamente e estão sendo inseridas em atividades educacionais com grande velocidade. Em paralelo, o estudo de aspectos cognitivos e do funcionamento de estruturas mentais também teve grande evolução. Pesquisadores passaram a estudar com muito mais profundidade o funcionamento do cérebro humano e de como acontecem as interações e o comportamento do indivíduo frente ao conhecimento e a sua assimilação, inclusive quando utilizados recursos tecnológicos com finalidades educacionais.

O uso de recursos tecnológicos no ensino da Matemática ganhou importância e espaço nos congressos, encontros e grupos de discussão relacionados à Educação Matemática. Atualmente este campo está, junto com a Modelagem, Resolução de Problemas, Formação de Professores e História da Matemática, entre os temas presentes em boa parte dos cursos de Graduação e Pós-graduação em Educação Matemática, tanto no Brasil quanto em vários outros países.

Surgem, então, na cena histórica, profissionais que para além da simples utilização das novas tecnologias preocupam-se com a sua inserção no ensino, em especial da Matemática, ainda que não se restrinjam a ela. Muitos se dedicam a estudar de que forma o uso de novas tecnologias impacta os indivíduos, fazendo uma ligação das especificidades técnicas com aspectos cognitivos. Estas pesquisas tomam corpo e se consolidam como área de estudo independente a partir da década de 1960 e atualmente

estão em franco desenvolvimento, com a participação de vários pesquisadores nas mais diversas universidades.

Entre os pesquisadores de destaque nesta área Seymour Papert (1928), talvez seja o teórico mais conhecido no que trata do uso de computadores na educação. Papert foi um dos pioneiros em estudos de inteligência artificial e criou a linguagem de programação Logo. Trata-se de uma linguagem destinada a crianças e desenvolvida quando os computadores eram muito limitados e ainda não existia a interface gráfica nem a internet.

Papert também cunhou o termo “construcionismo” como sendo a abordagem do construtivismo cognitivo de Piaget, com quem desenvolveu vários trabalhos, que permite ao educando construir o seu próprio conhecimento por intermédio de alguma ferramenta, como o computador, por exemplo.

Outro matemático de destaque na área de Inteligência artificial, psicologia cognitiva e redes neurais é Marvin Minsky (1927). Minsky é cofundador do laboratório de inteligência artificial do MIT e autor de diversos artigos e livros sobre o tema e suas implicações filosóficas. Entre suas contribuições pode-se destacar a construção do primeiro computador baseado em redes neurais. Ainda que na prática este computador não tenha obtido grandes resultados, ele é considerado um avanço teórico importante.

Vários educadores matemáticos desenvolveram trabalhos sobre o uso de tecnologias na educação, em especial com a linguagem Logo. Estes estudos, entretanto, levam em consideração e são apoiados nos trabalhos de Papert e Minsky, que se constituem em dois expoentes desta área.

Na França, um grupo considerável de pesquisadores e educadores matemáticos que trabalham com desenvolvimento de novas tecnologias pode ser destacado. Entre eles destacam-se Jean-Marie Laborde que conduziu, na Universidade de Grenoble, os trabalhos de desenvolvimento de softwares para ensino de matemática, conseguindo sucesso com o Cabri-Géomètre. Outro educador matemático francês que colaborou com o desenvolvimento e estudos sobre o Cabri-Géomètre, além de desenvolver diversas pesquisas em outros aspectos do uso de tecnologias em educação matemática que pode ser lembrado é Franck Gilbert René Bellemain. Atualmente radicado no Brasil, ele trabalha e desenvolve suas pesquisas na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

No Brasil as pesquisas em Educação, dentro das quais se encontram às relacionadas à Educação Matemática, são as que mais possuem pesquisadores cadastrados. Dados de

2010 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)⁵ indicam que existem 162.295 pesquisadores cadastrados no país. Destes, 14.126 dedicam-se à pesquisa em Educação. A segunda área, em quantidade, é a Medicina com 8.228 pesquisadores. Isso significa que a área de Educação tem 71% a mais de pesquisadores do que a área de Medicina, que apreze na segunda posição e que, sozinha, corresponde a 8,7% de todos os pesquisadores brasileiros.

Muitos pesquisadores tem voltado sua atenção ao uso de tecnologias, no âmbito da Educação Matemática. Vários deles podem ser relacionados, mas, em qualquer lista, cometer-se-iam injustiças ou ausências injustificadas. Entretanto, a título de ilustração, pode-se citar um grupo de pesquisadores cujas participações em orientações e bancas de Mestrado e Doutorado são relevantes. São pesquisadores cuja produção é reconhecida e que, mais do que isso, contribuem com outros pesquisadores participando de qualificações, defesas e análise de trabalhos. A participação deste grupo em orientações e bancas de defesa pode dar indicativos da riqueza e da quantidade de trabalhos sobre o assunto que foram desenvolvidos no Brasil nos últimos anos. Entre estes pesquisadores estão Celina Aparecida Almeida Pereira Abar, na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), Franck Gilbert René Bellemain na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Janete Bolite Frant na Universidade Bandeirantes de São Paulo (Uniban) e que também participou de programas de Pós-graduação na PUC-SP e na Universidade Santa Úrsula, Marcelo de Carvalho Borba, na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP-Rio Claro), Maria Alice Gravina, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Miriam Godoy Penteado na (UNESP-Rio Claro).

Segunda dados da Plataforma Lattes⁶, estes pesquisadores somados orientaram, nos últimos doze anos, 85 trabalhos de Mestrado e 25 de Doutorado, além de terem participado, neste mesmo período, de 229 bancas de Mestrado e 93 de doutorado. Boa parte destes trabalhos versou, dentro da Educação Matemática, sobre o uso de tecnologias. Estes dados mostram a pujança deste campo de pesquisa no Brasil, pois houve mais de 250 defesas de Mestrado e Doutorado em 12 anos⁷, o que representa mais de 20 defesas por ano. Estes dados também indicam que diversos outros pesquisadores brasileiros desenvolvem pesquisas importantes neste campo de pesquisa.

⁵ http://dgp.cnpq.br/censos/sumula_estatistica/2010/pesquisadores/pesquisadores.htm

⁶ <http://lattes.cnpq.br/>

⁷ A soma de defesas leva à quantidade de 322, mas há algumas bancas em que mais de um dos pesquisadores citados esteve presente.

Há um grupo crescente de novos pesquisadores atuando na área e desenvolvendo projetos relevantes. É importante traçar um perfil destes pesquisadores e um levantamento das suas pesquisas e resultados, a fim de fortalecer o campo e aprofundar as discussões sobre eventuais lacunas que venham a ser encontradas para que possam ser preenchidas com trabalhos futuros.

Considerações finais

Pelo que foi apresentado, percebe-se que matemáticos e educadores matemáticos sempre figuraram como peças-chaves no desenvolvimento e análise de novas tecnologias. A sua participação no processo evolutivo dos computadores e das tecnologias a eles associadas sempre foi efetiva e de grande importância. Como diz Marqueze:

É difícil passar por esta trajetória sem esbarrar com nomes de matemáticos e desta forma, acredito que assim com a história da matemática nos faz entender muito a respeito da matemática, a história dos computadores também o faz. Ao passear por esta história vi que grandes feitos matemáticos aconteceram por força desta mesma história, isto é matemática sendo construída, desenvolvida, aprimorada e tomando força na pesquisa de projetos para a criação dos computadores (MARQUEZE, 2005, p. 01).

E mais adiante:

Hoje, os computadores, cada vez mais avançados, possibilitam cálculos em fração de segundos e, desta, feita, vemos que a lógica matemática está para a evolução da história dos computadores, como a evolução histórica da informática está para o aperfeiçoamento e desenvolvimento do ensino da matemática (MARQUEZE, 2005, p. 12).

Esta participação destacada fica evidente não só pelos personagens citados neste texto. É preciso lembrar que, normalmente, estes pesquisadores trabalham em grupo, envolvendo vários colaboradores e incentivadores. Por certo, em cada um dos personagens destacados, há uma série de ligações com outros pesquisadores, cujas contribuições foram decisivas para o conjunto final da obra.

Ainda hoje matemáticos, educadores matemáticos e outros profissionais que encontram na matemática e na educação o substrato para avançar em suas pesquisas, estão presente no constante desenvolvimento e aperfeiçoamento dos computadores e aplicativos a eles relacionados. A evolução das tecnologias tem exigido que os *softwares*, os equipamentos periféricos e novos equipamentos, bem como as redes de transmissão de

dados também se desenvolvam em ritmo compatível e com as articulações que transitem por diversas áreas e ramos do conhecimento, como parte de um programa transdisciplinar. Da mesma forma que seria exagerado afirmar que os matemáticos e educadores matemáticos são os personagens principais nestes grupos, também seria inapropriado afirmar que sem eles ter-se-ia atingido o grau de desenvolvimento atual. A qualidade e a quantidade de pesquisas relacionadas ao uso de tecnologias, em especial na Educação Matemática, já merece trabalhos específicos de levantamento do estado da arte para que se possa avançar com mais qualidade nos próximos estudos. É necessário que pesquisadores dediquem esforços a fazer este levantamento para que seja possível traçar um mapeamento do que já foi feito e de que rumos e campos se abrem para futuras pesquisas. Estudos que começaram como experiências isoladas e, em alguns casos, desacreditas, hoje se consolidaram como uma das importantes áreas de pesquisa em programas de pós-graduação *stricto sensu* em diversas universidades. Se é praticamente impossível realizar um levantamento de tudo o que foi produzido nesta área nos últimos anos é, por outro lado, essencial sistematizar e levantar estes estudos, de forma a permitir que novas pesquisas sejam desenvolvidas, avançando sobre o que já se produziu e permitindo que a área avance e contribua para a melhora do ensino da matemática, em especial no Brasil.

Referências

- BICUDO, M. A. (2005). Pesquisa qualitativa: significados e a razão que a sustenta. *Revista Pesquisa Qualitativa*, São Paulo, ano 1, n.1, p.7-26.
- BICUDO, M. A. (ORG). (2011). *Pesquisa qualitativa segundo a visão fenomenológica*. Ed. Cortez.
- BOYER, C. B. (1999). *História da Matemática*. Tradução de: Elza F. Gomide. São Paulo: Edgard Blücher.
- BRETON, P. (1991). *História da Informática*. São Paulo: Editora Unesp.
- COPELAND, J. B. (2006). The Modern History of Computing, In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Disponível em <<http://stanford.library.usyd.edu.au/entries/computing-history/>> Acesso em 10 dez. 2012.
- D'ÊÇA, T. A. (1998). *Net Aprendizagem: A Internet na Educação*. Porto – Portugal: Porto Editora.
- FUCHS, W. (1970). *A Matemática Moderna*. Tradução de Marianne Arnsdorff e José Manasterski. São Paulo: Editora Polígono.

GATES, B. (1995). A Estrada do Futuro. Tradução de Beth Vieira. São Paulo: Editora Companhia das Letras.

LÉVY, P. (1993). As Tecnologias da Inteligência: o futuro do pensamento na era da informática. Tradução de: Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34.

MANO, R. (1998). A evolução do computador. Disponível em: <<http://www.users.rdc.puc-rio.br/rmano/comp2hc.html>> Acesso em 10 out. 2005.

MARQUEZE, J. P. (2005). Falando de Computadores. Disponível em: <<http://www.clubedoprofessor.com.br/artigos/FalandodeComputadores.htm>> Acesso em 23 out. 2005.

NOÉ, M. Ábaco. Disponível em <<http://www.brasilecola.com/historiag/abaco.htm>> Acesso em 10 out. 2012.

OKA, C.; ROPERTO, A. (2000). Origens do Processamento de Dados. Disponível em: <<http://www.cotianet.com.br/bit/hist/log.htm>> Acesso em 12 dez. 2012.

SANTOS, D. C. (1997). Evolução dos Computadores. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~danielcs/hist/h1.html>> Acesso em 10 out. 2005.

VARGAS, M. (1994). Para uma Filosofia da Tecnologia. São Paulo: Editora Alfa Ômega.

Recebido em 22/1/2013

Aceito em 2/5/2013