revista PARANAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

PONTOS DE INFLEXÃO NO PROCESSO DE INSTITUCIONALIZAÇÃO DA MATEMÁTICA NA SOCIEDADE

DOI: https://doi.org/10.33871/rpem.2024.13.31.8869

João Paulo Attie[1]
Manoel Oriosvaldo de Moura[2]

Resumo: Este artigo teve como objetivo apontar o que se consideram ser os quatro marcos históricos fundamentais responsáveis pela atual importância com que a matemática se apresenta para a sociedade. Para a identificação desses pontos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica de caráter teórico, que foi viabilizada por uma revisão da literatura, na qual foram seguidas algumas etapas específicas, tais como a seleção do material, a leitura e a análise dos textos, o fichamento do material encontrado e, por fim, uma análise final das informações para a elaboração do artigo. Os marcos encontrados foram a construção da Geometria Dedutiva, o desenvolvimento da Álgebra Simbólica e da Geometria Analítica, a estruturação do Cálculo e a aliança entre a Lógica Simbólica e a Tecnologia. Ao final, é assinalado o paradoxo que vai se consolidando nesse processo histórico, de que, mesmo sendo cada vez maior a presença do conhecimento matemático nas instituições, na vida cotidiana e na produção de bens, se torna também crescente a invisibilidade desse tipo de conhecimento nesses mesmos espaços, ou seja, nas instituições, no cotidiano e na cadeia produtiva.

Palavras-chave: Importância da Matemática. Conhecimento Matemático. História Social da Matemática.

INFLECTION POINTS IN PROCESS OF MATH INSTITUTIONALIZATION IN SOCIETY

Abstract: This article aimed to point out what are considered to be the four fundamental historical milestones responsible for the current importance of mathematics to society. In order to identify these points, bibliographical research of a theoretical nature was carried out, which was made possible by a literature review, in which some specific steps were followed, such as the selection of material, the reading and analysis of texts, the filing of the material found and, finally, a final analysis of the information for the preparation of the article. The milestones found were the construction of Deductive Geometry, the development of Symbolic Algebra and Analytical Geometry, the structuring of Calculus and the alliance between Symbolic Logic and Technology. Finally, the paradox that is consolidating in this historical process is highlighted, that even though the presence of mathematical knowledge in institutions, in daily life and in the production of goods is increasingly greater, the invisibility of this type of knowledge in these same spaces, that is, in institutions, in daily life and in the production chain, is also becoming increasingly common.

Keywords: Importance of Mathematics. Mathematical Knowledge. Social History of Mathematics.

Introdução

[1] Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Associado do Departamento de Matemática da Universidade Federal de Sergipe (UFS). E-mail: jpattie@mat.ufs.br ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8411-4168
[2] Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Sênior da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP). E-mail: modmoura@usp.br ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0431-4694

É possível apontar como evidente a importância atribuída à matemática em nossa cultura. A partir dessa afirmação, buscamos, neste artigo, analisar historicamente o desenvolvimento e a consolidação dessa importância, a partir de uma pesquisa eminentemente bibliográfica e analítica. Afinal, por que é que a matemática é considerada assim, tão importante? Um fenômeno curioso que apontamos, é que, aliada a essa importância, que acreditamos inquestionável, se revela uma enorme invisibilidade coletiva em relação ao conhecimento matemático.

Historicamente, "o processo de valorização do conhecimento matemático no meio social pode ser descrito através de alguns saltos qualitativos, na história de seu desenvolvimento, em que avanços fundamentais nesse campo possibilitaram mudanças consideráveis em relação à economia, à tecnologia e à sociedade" (Attie, 2013, p. 37). A despeito da influência que o conhecimento matemático possui nos sistemas de pensamento, como o racionalismo, por exemplo, optamos neste artigo por estabelecer esses marcos unicamente a partir de elementos intrínsecos à própria matemática.

Esses saltos, que preferimos denominar pela expressão pontos de inflexão, entretanto, não ocorreram subitamente, de forma visível ou determinada, qual uma revolução ou uma tomada de poder, mas, ao contrário, foram se desenvolvendo e consolidando pacientemente, lentamente, ao longo de períodos de extensões variadas.

Apontamos esses elementos principais, a partir de pesquisa realizada, nos quatro marcos assinalados: 1- O processo de estruturação da demonstração dedutiva, na Grécia, em meados do século VI a.C., 2- o desenvolvimento da Álgebra Simbólica e da Geometria Analítica, especialmente na Itália e na França do Renascimento, 3- a construção do Cálculo Diferencial e Integral e da Análise, especialmente na França, Inglaterra e Alemanha, a partir do século XVII e 4- o casamento entre a Lógica Simbólica e a Tecnologia, nos séculos XIX e XX, culminando com o aparecimento e a invasão dos processadores de dados, podem ser apontados como os momentos históricos fundamentais que permeiam o processo da ampliação da importância que o conhecimento matemático foi estabelecendo ao longo da história humana.

Metodologia

Realizamos uma pesquisa bibliográfica de caráter teórico, que foi viabilizada por uma revisão da literatura, tendo como principais fontes historiadores da matemática, como Bell (2003), Eves (2005), e Boyer (1974), matemáticos como Caraça (1958), Whitehead (2006) e

Dieudonné (1990) e também historiadores da ciência, como Crosby (1997) e Dantzig (1970). Seguimos algumas etapas específicas de acordo com um trabalho dessa natureza, tais como a seleção do material, a leitura e a análise dos textos, o fichamento do material encontrado e, por fim, uma análise final das informações para a elaboração do artigo. No decorrer do trabalho, um dos elementos centrais que buscamos foi a identificação dos pontos mais proeminentes no desenvolvimento do conhecimento matemático, especialmente a partir de suas aplicações na ciência e na sociedade.

Resultados

O método dedutivo dos gregos marca o primeiro desses momentos, por apresentar possibilidades de generalização até então desconhecidas, e consideradas até hoje "uma das principais fontes da utilidade da matemática e o segredo de seu poder científico". (BELL, 2003, p. 18). De acordo com Aristóteles, "para Tales [...] a questão primordial não era o que sabemos, mas como o sabemos" (BOYER, 1974, p. 33). De acordo com Eves,

> [...] em algum momento entre Tales, 600 a.C., e Euclides, 300 a.C., rematou-se a noção de discurso lógico como uma sequência de deduções rigorosas a partir de algumas suposições iniciais explicitamente enunciadas [...] sem dúvida uma das maiores contribuições dos gregos primitivos foi o desenvolvimento desse método de raciocínio postulacional (Eves, 2005, p.115).

Segundo D'Ambrosio, essa preponderância ocorre por ter sido o conhecimento matemático, ou a própria Matemática, desde os gregos,

> [...] a forma de pensamento mais estável da tradição mediterrânea que perdura até os nossos dias como manifestação cultural que se impôs incontestada, às demais formas. [...] A Matemática se universalizou, deslocando todos os modos de quantificar, de medir, de ordenar, de inferir e servindo de base, se impondo, como o modo de pensamento lógico e racional que passou a identificar a própria espécie (D'Ambrosio, 1990, p. 17).

Existem inúmeros exemplos de utilização da matemática anteriores ao aparecimento da civilização grega. Entretanto, as diversas manifestações nas quais aparecem elementos matemáticos, datadas de antes do século VI a.C., estão imbuídas de um sentido prático, imediato. O aparecimento das demonstrações e deduções, devida principalmente aos contemporâneos Tales e Pitágoras é considerada o marco do nascimento da matemática, tanto por matemáticos, como por historiadores da matemática:

> [...] existe um abismo entre o empirismo prático dos agrimensores que parcelavam os campos do antigo Egito e a geometria dos gregos do século VI a.C. Aquele primeiro foi o que precedeu a matemática; esta última, a matemática propriamente dita. Esse abismo estabelece uma ponte tanto com o raciocínio dedutivo aplicado de forma consciente e deliberada, quanto com as induções práticas da vida diária (Bell, 2003, p.14).

O historiador Eric Bell, afirma, em relação a Tales, que “a parte essencial de sua doutrina é a insistência na demonstração dedutiva” (Bell, 2003, p.19). Até então, havia, entre os egípcios e babilônicos, por exemplo, uma cadeia de problemas resolvidos indutivamente, de maneira praticamente particular. Como é evidente, não pretendemos com isso negar a força do raciocínio indutivo. Entretanto, o mesmo pode apresentar analogias que sejam apenas aparentes e, portanto, levar a conclusões equivocadas. O método de dedução que advém com os gregos proporciona ao raciocínio, além da generalização envolvida, uma capacidade incomparável, a partir da abstração e do distanciamento da realidade nele impregnados.

Se tomarmos, por exemplo, a definição 15, do Livro I, dos Elementos de Euclides[3]

> Círculo é uma figura plana contida por uma linha (que é chamada circunferência), em relação à qual todas as retas que a encontrarem (até a circunferência do círculo), a partir de um ponto dos pontos no interior da figura, são iguais entre si (Euclides, 2009, p. 97).

ou então a definição 14, do livro XI: "*Esfera* é a figura compreendida quando o diâmetro do semicírculo permanecendo fixo, o semicírculo tendo sido levado à volta, tenha retornado, de novo, ao mesmo lugar de onde começou a ser levado" (Euclides, 2009, p. 482), poderemos observar que, ao invés de exemplificar desenhando um círculo ou uma esfera, Euclides apresenta uma propriedade geral que é suficiente para definir tais elementos e, unicamente, aqueles elementos.

O impacto do método dedutivo sobre a transformação do conhecimento não se restringe ao conhecimento matemático, mas se estende às demais Ciências, pois

> o desenvolvimento axiomático da geometria causou poderosa impressão sobre os pensadores no curso dos tempos, pois a forma axiomática da geometria se afirmou a muitas gerações de notáveis pensadores como o modelo do conhecimento científico no que ele tem de melhor. Era natural, pois, perguntar se outros ramos do pensamento, afora a geometria, podem ser situados sobre um fundamento axiomático seguro (Nagel; Newman, 1973, p. 15).

---

[3] O Livro "Os Elementos", escrito por Euclides por volta de 300 a.C., ainda que seja mais de 2 séculos posterior à época de Tales e Pitágoras, é considerado até hoje um dos melhores modelos do poder dessa capacidade dedutiva, já que um “número relativamente pequeno de axiomas carrega todo peso das inesgotavelmente numerosas proposições deles deriváveis” (Nagel; Newman, 1973, p. 14).

O segundo momento que assinalamos como importante historicamente nessa trajetória, pode ser localizado a partir dos meados da Idade Média, adentrando pelo período do Renascimento, até a metade do século XVII, e é marcado por um processo em que, ao final, se percebe novamente como, a partir do desenvolvimento da matemática, o crescimento do poder da abstração foi utilizado para mudanças no conhecimento. Por outro lado, torna-se visível de que maneira esse desenvolvimento do conhecimento matemático também teve como uma de suas causas o contexto social em que foi produzido.

Não seria possível delimitar exatamente as causas mais importantes para as modificações sofridas pela Europa nesse período. É fato, entretanto, que apareceram cada vez mais as necessidades relacionadas à precisão das informações e das medidas e à eficiência e rapidez na consecução dos resultados.

> Durante o fim da Idade Média e o Renascimento, despontou na Europa um novo modelo de realidade. Um modelo quantitativo foi começando a substituir o antigo modelo qualitativo. Copérnico e Galileu, assim como os artesãos que aprendiam sozinhos a fazer um bom canhão após outro, os cartógrafos que mapeavam os litorais das terras recém-descobertas, os burocratas e empresários que administravam os novos impérios das Companhias das Índias Orientais e Ocidentais, e os banqueiros que conduziam e controlavam os fluxos da nova riqueza, todas essas pessoas estavam refletindo sobre a realidade em termos quantitativos, em caráter mais sistemático do que qualquer outro membro de sua espécie[4] (Crosby, 1997, p. 12-13).

Inicialmente, o advento das cidades, ligado à crescente atividade comercial, trouxe consigo uma mudança na natureza das interações entre as pessoas, umas com as outras, e entre as pessoas e as instituições.

> As cidades vieram trazer um elemento novo à economia europeia, até aí confinada nos limites estreitos duma economia agrária de pequenas unidades [...] ligado ao aparecimento das cidades está o aparecimento, na Europa, de um novo tipo de homem, o comerciante, muito diferente do tipo aí existente – os seus horizontes são mais rasgados, os seus interesses encontram-se espalhados por lugares muito afastados do Continente, as suas condições psicológicas endurecem e ganham uma audácia no exercício duma profissão em que os fracos ou os amantes da vida tranquila e sedentária não têm lugar (Caraça, 1958, p. 198).

A nova realidade, não apenas em virtude do aparecimento das cidades, mas também pela

[4] O autor, inclusive, credita o espantoso sucesso da expansão imperialista europeia à predominância do pensamento quantitativo e das práticas cada vez mais aperfeiçoadas de mensuração, em contraposição às abordagens que justificam o sucesso desse imperialismo a partir do etnocentrismo e do darwinismo social.

percepção gradual e crescente das possibilidades e potencialidades das navegações e das necessidades militares geradas a partir daí, ocasionou uma necessidade cada vez mais acentuada de precisão nas medidas. A mensuração de elementos como o tempo, o espaço e o calor não podiam mais ser efetuada de maneira tão imprópria ou subjetiva. O alvorecer, o pôr-do-sol e o clima foram sendo substituídos, como unidades práticas para marcar o tempo, pelas horas. Primeiramente, as horas canônicas, momentos determinados pela Igreja Católica para as orações, em número de sete durante o dia, chamadas de Matinas, Laudes, (as primeiras orações do dia), Terça, Sexta e Noa (orações intermediárias), Vésperas (ao final da tarde) e Completas (antes de dormir, à noite). Depois, com as máquinas de medir o tempo, ou seja, os relógios mecânicos, a unidade prática de mensuração do tempo foi paulatinamente sendo substituída pelas horas de relógio. Em 1370, por exemplo, o rei Carlos V, da França, decreta que todos os relógios de Paris contassem as horas de acordo com o relógio que ele havia instalado em seu palácio. A metade final da Idade Média, por suas características acentuadas de mudanças emergentes, pode ser assinalada, portanto, como um extraordinário momento a iniciar um processo de forte transformação na técnica, no conhecimento, nas práticas e na sociedade.

> De 1275 a 1325 alguém construiu o primeiro relógio e o primeiro canhão mecânicos da Europa, aparelhos esses que obrigaram os europeus a raciocinarem em termos de um tempo e um espaço quantificados. As cartas marítimas de Portolano, a pintura em perspectiva e a prática contábil das partidas duplas não podem ser datadas com exatidão, pois foram técnicas emergentes e não invenções específicas, mas podemos afirmar que os exemplos remanescentes mais primitivos de todas três datam desse meio século (Crosby, 1997, p. 30-31).

Ainda que haja notícias de relógios mecânicos na China, em meados do século X, e de sistemas de medida eficazes utilizados por povos dos países orientais, é na Europa que acontece uma exaltação pela mensuração da realidade.

> No século XIV, quando os estudiosos do Merton College, de Oxford, começaram a pensar nos benefícios de medir não apenas o tamanho, mas também qualidades fugidias como o movimento, a luz, o calor e a cor, deram asas à imaginação e falaram em quantificar a certeza, a virtude e a graça. E, de fato, se um sujeito consegue pensar em medir o calor antes da invenção do termômetro, por que há de presumir a exclusão da certeza, da virtude e da graça? (Crosby, 1997, p. 26).

Não é por acaso que a reforma do calendário juliano ocorre entre os séculos XV e XVI, apesar do fato de que as preocupações com as discrepâncias em relação à data da Páscoa, apontadas como uma das causas principais para a adoção do calendário gregoriano, remontarem, no mínimo, ao início do século IV. No ano 325, as divergências entre os cristãos do Ocidente e do Oriente, em relação à data da celebração da Páscoa, foram decididas pelo Concílio de Nicéia, conduzido pelo Imperador Constantino, que determinou uma data universal para a celebração da Páscoa, que seria o primeiro domingo após a lua cheia "que tivesse lugar no equinócio da primavera ou imediatamente a seguir" (Lopes, 2012, p. 112-113). Entretanto, é somente no final da Idade Média que as demandas sociais e econômicas impõem a necessidade de uma mensuração e de uma representação mais precisas do tempo. De fato, o problema da reforma foi firmemente atacado nesse período, tendo sido tratado sucessivamente nos concílios de Constança (1414), Basiléia (1436 a 1439), São João de Latrão (1511 a 1515) e Trento (1545 a 1563), tendo o novo calendário sido efetivamente adotado somente em 1582.

Em um contexto de crescente comércio e de uma nova realidade urbana, a busca por novos mercados acarretaria novas transformações. Em se tratando do caso das navegações, especificamente em relação a Portugal, vemos como novamente aparecem as influências recíprocas entre sociedade e ciência, visto que

> [...] no final do século XIII, Portugal, que já havia expulsado os mouros, e se tornara independente da Espanha, viu-se forçado a procurar opções comerciais pelo Atlântico. Assim, definiu-se a vocação portuguesa para a navegação, que se tornou, efetivamente, um projeto nacional (D'Ambrosio, 2008, p. 31).

Assim, no início do século XV, Dom Henrique, chamado de "O Navegador", utilizando a matemática como alicerce apropriado para as ciências náuticas, funda a Escola de Sagres, e impulsiona o "mais importante projeto de expansão marítima da humanidade" (D'Ambrosio, 2008, p.31). Apesar de ser um projeto com objetivos práticos muito bem definidos – a expansão e consolidação do domínio lusitano – acaba sendo também atingido certo desenvolvimento da ciência e da matemática portuguesas, pois

> o ideal que inspirou D. Henrique na fundação da Escola Portuguesa de Ciência Astronômica é bem diferente do que animara Afonso X, rei da Espanha, na fundação da Escola de Toledo. O ideal do rei castelhano era puramente filosófico; o do infante lusitano era utilitário. O espírito científico nasceu entre os lusos mais tarde e subiu alto, mas foram as navegações, com os problemas que lhes propuseram e com os novos aspectos que lhes apresentaram dos fenômenos da natureza, que criaram aquele espírito (Teixeira, 1934, p. 19).

Os novos tempos e a nova realidade imposta (e também influenciada) pelo domínio dessa direção quantitativa trouxeram também, aliados ao fato de que "é no século XIV que aparecem as primeiras armas de fogo para serem usadas na guerra" (Valente, 1999, p. 30), a necessidade de aprimorar os engenhos e as táticas bélicas, agora com o auxílio de mapas mais precisos e de ferramentas propriamente matemáticas como tabelas e representações gráficas, utilizadas para subsidiar as estratégias a serem adotadas.

> Os manuais militares do século XVI comumente incluíam tabelas de quadrados e raízes quadradas para orientar os oficiais na disposição de centenas e até milhares de homens nas novas formações de combate do Ocidente renascentista: quadrados, triângulos, pinças, quadrados bastardos, quadrados largos e assim por diante. Os oficiais, quando eram bons, tinham que avançar penosamente pelo amplo mar da Álgebra e dos números, ou recrutar matemáticos para ajudá-los (Crosby, 1997, p. 20).

A Arte da Guerra, livro escrito por Maquiavel em 1520, ilustra essa condição, afirmando que "assim como quem dança obedece ao tempo da música e, seguindo-a, não erra, também um exército, obedecendo a esses sons em seus movimentos, não se desordena" (Maquiavel, 2006, p. 77). Não é por outro motivo que Rabelais, em 1534, descreve as manobras militares caracterizando-as com um ajuste tão preciso como o mecanismo de um relógio,

> [...] tão bem instruídos na arte militar, bem armados, bem dispostos e seguindo as suas insígnias, prontos a ouvir e obedecer aos seus capitães, expeditos no correr, fortes no combater, prudentes na aventura, que mais pareciam uma harmonia de órgão ou concordância de relógio, que um exército ou uma gendarmeria[5] (Rabelais, 2003, p. 196).

A referência que tanto o teórico italiano quanto o escritor francês fazem, relacionando a exatidão militar com o "ritmo da música" e com a "harmonia de órgão" não nos deve passar despercebida, já que, além do fato da música ter sido um dos membros do *quadrivium*[6] romano, a padronização e a lenta estabilização da representação de uma música simbólica, ou seja, das pautas e partituras, com seus códigos específicos, remonta ao século XI, consolidando-se, contudo, apenas na Renascença, estando evidentemente associada à mensuração mais precisa do tempo. Assim, a escolha que os europeus empreenderam em direção à precisão e a eficiência,

> [...] estendeu-se até mesmo ao que era menos visual e mais efêmero, ou seja, a música. Numa página, podem-se ver vários minutos de música de uma só vez. Não se pode ouvi-la, é claro, mas se pode vê-la e adquirir um conhecimento instantâneo de todo o seu arco através do tempo. A opção renascentista na música consistiu em limitar as variações, reduzir a improvisação. Ela fez a mesma opção na guerra, coreografando os atos dos

[5] Palavra derivada do francês *gendarmerie*, que significa Força Policial.

[6] Geometria (formas em repouso), Astronomia (formas em movimento), Aritmética (números em repouso) e Música (números em movimento), grupo de quatro das sete artes liberais ensinadas nas universidades medievais (Attie, 2013, p. 44).

homens na batalha (Crosby, 1997, p. 24).

Da mesma forma, essa eficácia e precisão "algébricas" das manobras militares são mencionadas também no início do século seguinte, em 1603, na pena de Shakespeare, quando Iago, após ser desprezado por Otelo em favor de Cássio para um cargo militar, desdenha do rival, chamando-o ironicamente de "aritmético" em clara contraposição ao conhecimento "algébrico", utilizado pelos oficiais competentes:

> E quem é ele?
> Um grande aritmético sem dúvida
> Que nunca pôs em campo um esquadrão
> E nem sabe como as tropas são dispostas (Shakespeare, 1999, p. 14)

Assim, vemos como essa "transformação orgânica total" na sociedade (Caraça, 1958, p. 202) traz atrelada consigo a necessidade de uma ferramenta que pudesse ordenar quantitativamente essa nova realidade. O esforço por mensurar a realidade se mostrou árduo, paciente e lento, mas o processo social e econômico em curso demandava ainda algumas necessidades a serem satisfeitas, não apenas a de medir, mas também de explicar e prever. A ferramenta matemática apropriada para isso será a função, concebida, refinada e reelaborada por um extenso período da história humana, e que será "a mola real que vai tocar todas as questões nestes séculos[7] de criação da Europa e da Ciência Moderna" (Caraça, 1958, p. 203-204).

O aparecimento do conceito de função começa a ser melhor delineado a partir da utilização dos algarismos indo-arábicos. Devido à sua maior facilidade nos cálculos, vemos surgir uma crescente superioridade destes algarismos sobre os romanos[8]. O comércio com os muçulmanos, a partir do final do século XIII, havia proporcionado o contato e o conhecimento de uma representação numérica mais simples e mais poderosa que a até então conhecida e utilizada. Nas questões de ordem prática, consideremos o exemplo de Francesco di Marco Datini, comerciante que viveu no século XIV, e que, devido à crescente mudança na natureza e na frequência das transações comerciais, fora "impelido a inventar a contabilidade do mesmo modo que, mais tarde, os físicos foram movidos a adotar o cálculo" (Crosby, 1997, p. 189). A importância deste exemplo reside no fato de que Datini registrou de maneira concisa e minuciosa grande parte de suas transações, efetuadas nos séculos XIV e XV, fornecendo com

[7] O autor se refere a um período que pode ser compreendido entre os séculos XIV e XVII, inclusive.
[8] Evidentemente, esse predomínio não foi imediato. Ainda em 1447, por exemplo, o pintor Dirk Bouts colocou em seu altar um número representado com uma confusa combinação entre os dois sistemas: MCCCC4VII (Crosby, 1997, p. 116).

isso um panorama da evolução de seus registros contábeis. Assim, vemos que, em 1366, começam a aparecer alguns poucos algarismos indo-arábicos em seus livros razão, documentos destinados a registrar a movimentação financeira e comercial. Entretanto, até 1383, esses algarismos são utilizados na forma de narrativa. Escritos dessa forma, os dados permitem que se conheça muito a respeito das várias características de suas transações. Contudo, o resultado mais importante, se sua empresa dava lucro ou não, não aparece de maneira imediata, sendo necessários extensos cálculos para se chegar a essa informação. A partir de 1383, entretanto, a utilização de um sistema de colunas, uma ao lado da outra, chamada de "partida dobrada" (ou ainda "partida dupla"), em que os ativos e os passivos eram descritos separadamente, torna sua contabilidade clara, bastando que se realizasse uma simples subtração para se conhecer a situação financeira da empresa.

Em 1514 o artista e matemático nascido na região da Baviera (hoje Alemanha) Albrecht Dürer expõe um quadro chamado *Melancholia*, no qual há um exemplo de um quadrado mágico, com algarismos indo-arábicos. O artista postulava que "a nova arte da renascença devia basear-se na ciência, em particular, na matemática, pois sua precisão e lógica eram muito úteis em questões que envolviam proporção e disposição gráfica" (Ronan, 1987, p. 17).

O crescente uso dos novos algarismos trouxe consigo a necessidade de uma mudança nas notações operacionais. Leonardo Fibonacci, no século XIII, já utilizava os novos algarismos, mas ainda sofria com a utilização das palavras em lugar dos símbolos. Mas, na segunda metade do século XV os italianos já utilizavam abreviaturas para as operações de soma e subtração. Essas abreviaturas, contudo, também poderiam causar erros, em caso de equações algébricas. Os atualmente conhecidos sinais de + (mais) e – (menos), utilizados, respectivamente, para as operações de soma e de subtração, surgiram, pela primeira vez de forma impressa, na Alemanha, em 1489. Só no século seguinte, entretanto, é que sua utilização foi adotada em maior escala. A relação entre a adoção dos novos algarismos e as possibilidades abertas a partir disso, para o desenvolvimento e a consolidação da álgebra e de seu simbolismo é assim descrita pelo matemático Alfred North Whitehead, nascido no século XIX,

> [...] os algarismos arábicos muniram a ciência de uma eficiência técnica quase perfeita no manejo dos números. O alívio da luta com detalhes aritméticos (haja vista, por exemplo, a aritmética de 1600 a.C.) deu lugar a um desenvolvimento que já se antecipava timidamente na primitiva matemática grega. A Álgebra veio agora para a cena, e ela é uma generalização da aritmética. Do mesmo modo que a noção de número é abstraída da referência a qualquer conjunto de entidades, em álgebra faz-se a abstração da noção de quaisquer números determinados (Whitehead, 2006, p. 47).

Aliado ao uso dos novos algarismos e do desenvolvimento da álgebra simbólica, e até mesmo por causa destes, o início do século XVII vê surgir a Geometria Analítica, proporcionando uma poderosa unificação de dois campos da matemática, o geométrico e o analítico, que sempre estiveram em compartimentos separados. A força da união entre esses dois campos é proporcionada pelo fato de que possibilita aliar a intuição geométrica ao raciocínio analítico, ou, dito de maneira equivalente, "... a importância do método de Descartes e Fermat provém do fato de ele permitir traduzir qualquer problema da geometria plana num problema de álgebra equivalente" (Dieudonné, 1990, p. 67). Alguns elementos matemáticos passam a ter mais de um tipo de representação, algébrica e geométrica, com um intercâmbio possível de processos de interpretação e resolução. Tal como na música e na guerra, aparece a possibilidade perturbadora e repleta de potencialidade, de se *ver*, sem ter que fazer contas, equações, tabelas de números e representações de quantidades, por vezes associadas umas às outras, em uma página recheada de curvas e figuras. E, no sentido contrário, também se tornava possível interpretar uma representação algébrica e enxergar ali a forma geométrica daqueles elementos algébricos. "Nessa unificação [...] reside um dos fatos mais dramáticos, mais importantes e mais profundos da história do conhecimento" (Caraça, 1958, p. 139), pois essa espécie de transporte de mão dupla entre dois enfoques tão distintos até então faz com que a Geometria Analítica se transforme, de uma "disciplina que nasceu das tentativas de sujeitar problemas de geometria à análise aritmética" (Dantzig, 1970, p. 156-157), para tornar-se "o veículo pelo qual propriedades abstratas do número foram transmitidas à mente, dando à análise uma linguagem rica, pitoresca e orientando-a para canais de generalização até então inimagináveis" (Dantzig, 1970, p. 157).

Estão criadas aí as condições para a consolidação do conceito de função, cuja importância é de ordem capital nesse novo tipo de sociedade.

> Os problemas de navegação, por exemplo, levam a uma investigação cada vez mais cuidadosa dos movimentos dos astros e, de uma maneira geral, exigem um estudo mais rigoroso do movimento, um estudo quantitativo, que permita medir e prever (Caraça, 1958, p. 199).

Desta forma, é dado um passo além no processo humano de compreensão das coisas. Observar e mensurar os dados da realidade são capacidades muito diferentes de perceber que certos processos obedecem a leis e, mais que isso, que essas leis por vezes poderiam ser compreendidas e expressas matematicamente. O longo caminho até esse ponto abrange algumas etapas necessárias, mas nem sempre suficientes. Perceber uma regularidade no fenômeno e as possíveis variáveis que influenciam em seu comportamento. Depois, utilizar ferramentas quantitativas para tentar relacionar as variáveis consideradas importantes. Em seguida, qualificar a relação entre essas variáveis, ou seja, compreender a lei matemática que abrange o fenômeno. Por fim, expressar essa lei matemática do fenômeno, ou matematizá-lo. A cristalização do conceito de função emerge assim, por um lado, a partir de uma ilustre descendência de elementos matemáticos como os algarismos indo-arábicos, a Álgebra Simbólica e a Geometria Analítica e, por outro lado, da emergente necessidade social de uma ordenação quantitativa da realidade. Assim,

> [...] o novo rumo da Ciência, que a nova sociedade determina e vemos formulado nos escritos de Da Vinci, é o rumo duma ordenação matemática do Universo. Mais tarde, na pena de Newton, esse ideal de ordenação será formulado em termos lapidares: "... os modernos, rejeitadas as formas substanciais e as qualidades ocultas, ocupam-se de referir às leis matemáticas os fenômenos naturais" (Caraça, 1958, p. 202).

A partir desse contexto, emerge o que consideramos o terceiro momento fundamental nesse processo de valorização e de institucionalização do conhecimento matemático na sociedade, que seria assinalado pelo predomínio do mecanicismo. Thomas Hobbes, mais conhecido como filósofo, mas que também foi um matemático, procurou, no século XVII, analisar a política e a sociedade com uma abordagem por meio de linguagem e de matemática, que, de acordo com ele, conduziria a um completo entendimento mecanicista do mundo. A certeza da matemática levaria a conclusões corretas e indiscutíveis sobre a sociedade e sobre o homem, "ao contrário das ciências morais que produziam apenas controvérsias infindáveis, um vazio ético" (Kayser, 2006, p. 21).

Nesse contexto, o encontro desses três elementos, as condições sociais, a Geometria Analítica e a Álgebra Simbólica, serviram como fundamentos principais para o surgimento, a partir deste século, de ferramentas matemáticas mais apropriadas para a ordenação dos dados (e de suas variações) e a explicação de fenômenos.

> As estruturas iniciais do Cálculo Diferencial e Integral remontam aos estudos de Arquimedes, e à publicação desses estudos na Europa a partir de 1550, seguindo-se daí apontamentos de vários estudiosos, como Stevin, Cavalieri, Barrow e Wallis, por exemplo. Entretanto, é apenas na segunda metade do século XVII que Newton e Leibniz, utilizando-se de uma série de resultados anteriores, alcançam, separadamente, uma acumulação de elementos – como as funções (chamadas por Newton de fluentes), as diferenciais, as derivadas e as integrais – em uma estrutura única (Attie, 2013, p. 48-49).

O potencial das ferramentas do Cálculo na resolução de problemas e na descoberta de relações entre variáveis fez com que os séculos seguintes experimentassem um crescimento científico incomparável. O século XVIII ampliou os métodos de Descartes, Newton e Leibniz em todos os ramos da matemática que então existiam. Não por acaso, foi chamado de Idade da Razão e também de Século das Luzes. É o período em que as “Ciências Físicas se libertaram da Teologia [...] A Ciência havia revelado que a verdade absoluta residia nas Matemáticas Puras, onde, segundo alguns, de fato está” (Bell, 2003, p. 376).

> O século XVIII tinha sido um brilhante período de desenvolvimento intensivo das técnicas introduzidas no século XVII em matemática, sobretudo em análise e nas suas aplicações variadas a outras disciplinas matemáticas, como a geometria e o cálculo das probabilidades, a mecânica e a astronomia, com o sucesso que se sabe para a previsão dos fenômenos naturais (Dieudonné, 1990, p. 117).

A explicação das coisas a partir de uma perspectiva unicamente matemática, ou mecânica – com funções, derivadas e diferenciais determinando o comportamento de acontecimentos e prevendo as quantidades relacionadas às variáveis dos fenômenos – cria condições culturais adequadas, além da existência de técnicas apropriadas, para invenções e descobertas. A publicação por Lagrange, de sua Mecânica Analítica, em 1788, proporciona um método “direto e universal, que unificou a mecânica que até então existia, e que vem sendo até hoje o mais poderoso instrumento das ciências físicas” (Bell, 2003, p. 25). Nesta obra, o matemático francês descrevia o comportamento mecânico dos sistemas materiais apoiando-se unicamente em princípios científicos e matemáticos, sem o apoio de nenhum espírito da natureza[9]. O surgimento de inúmeras máquinas a partir daí era uma mera questão de tempo, culminando no processo conhecido como Revolução Industrial.

> Também se deve à Mecânica do século XVIII – principalmente a Lagrange e a Laplace – a velocidade com que a maquinaria invadiu a civilização nos princípios do século XIX [...] e a filosofia mecanicista partilhou, imediatamente, seus inestimáveis benefícios com o proletariado. Centenas de milhares de pessoas, que puderam assistir às conferências de Lagrange e Laplace, durante anos, sem terem aprendido uma única coisa, foram, entretanto, convertidos pela precisão muda e infalível de suas monótonas máquinas (Bell, 2003, p. 377).

Contraditoriamente, entretanto, Dieudonné afirma que “sob o Antigo Regime[10], apenas

---

[9] Laplace foi chamado por Napoleão para alguns esclarecimentos, uma vez que era de praxe fazer citação a Deus nos temas relacionados aos mistérios do universo. Napoleão teria perguntado a Laplace: – Monsieur Laplace, o senhor não mencionou Deus, nem uma única vez, em seu livro. Por que? – Por que não precisei desta hipótese (Penha; Silva, 2019, p. 212).
[10] Antes da Revolução Francesa.

as escolas destinadas a formar os futuros oficiais forneciam um ensino de matemáticas que desse um pequeno lugar ao cálculo infinitesimal, e estas, quase não eram acessíveis aos plebeus" (Dieudonné, 1990, p. 117).

De qualquer forma, é acertado considerarmos que o aparecimento das máquinas a vapor, dos gigantescos teares, das locomotivas, enfim, dos novos aparelhos da incipiente Revolução Industrial[11] tenham acarretado inúmeras alterações na vida dos indivíduos e das instituições. Métodos de administração nas novas fábricas, nos novos governos, um inédito crescimento populacional urbano, modificação na estrutura física e nos objetivos das escolas, etc. Outro indício claro desse processo de crescente racionalização das atividades é o aparecimento, em 1745, da primeira notação algébrica para o jogo de xadrez, proposta por Philip Stamma, "facilitando muito a leitura dos livros de xadrez, já que os lances eram descritos com palavras, antes disso" (Giusti, 1999, p. 19). Em todas essas mudanças, uma das poucas coisas que se mantém inalterada é a manifesta presença do conhecimento matemático em cada elemento dessa nova ordem, ainda que a compreensão de como essa presença se dá tenha diminuído sensivelmente a partir desse período.

A deliberação a respeito do comprimento do metro, além de ter sua procedência nos ideais da Revolução Francesa, no final do século XVIII, também corresponde a essa necessidade de exatidão e de previsibilidade em uma sociedade se tornando cada vez mais racional, acelerada e complexa. E essa sociedade passa a necessitar imperativamente do desenvolvimento da Matemática, para suprir as exigências cada vez maiores das administrações, dos governos e das engenharias civil, naval e militar. No século XVII, podemos nos referir aos casos de Hobbes, professor de Matemática do Príncipe de Gales e de Newton, indicado inspetor da Casa da Moeda do reino inglês, sendo posteriormente promovido a diretor da mesma. Mas, é o século XVIII que se mostra pródigo em governos suficientemente perspicazes para conservarem matemáticos sob suas asas, custeando suas despesas. Assim,

> Euler fora mantido nas cortes de Catarina e Frederico, Lagrange, por Frederico, Luis e Napoleão, Daniel Bernoulli (fundador da Física Matemática), por Catarina. Monge e Laplace foram empregados por vários governos franceses sucessivos em postos de Engenharia Militar, formação de engenheiros ou administração, Fourier também (Bell, 2003, p. 380).

No século seguinte, Napoleão Bonaparte afirmaria que "o progresso e aperfeiçoamento da Matemática estão intimamente ligados com a prosperidade do Estado" (Boyer, 1974, p. 344).

[11] Em 1801, por exemplo, Joseph Marie Jacquard (1752–1824) concluiu a máquina de tecer com cartões perfurados, um dispositivo que iria influenciar significativamente as ideias de como comandar uma máquina.

A partir daí, a utilização do conhecimento matemático se estendeu por todos os ramos da vida das instituições e dos indivíduos. No campo militar,

> [...] os procedimentos semi empíricos de cálculo, necessários por sua utilidade prática na guerra, proporcionaram um completo prestígio matemático [...] ficou claro o fato de que, nos conflitos modernos é difícil destruir, causar danos ou matar eficientemente sem um uso considerável da matemática (Boyer, 1974, p. 14).

Nos transportes,

> [...] um almanaque náutico é uma das coisas indispensáveis na navegação moderna e, portanto, no comércio; as máquinas são utilizadas, em geral, para o árduo trabalho de realizar os cálculos; finalmente, esses cálculos dependem do movimento dos planetas e estes últimos são calculados a partir de séries infinitas de números obtidos pela teoria newtoniana da gravitação (Boyer, 1974, p.17).

Nos governos e na economia,

> [...] um ser humano pode ser tão livre como quanto nasceu, como declara um famoso documento [12]; entretanto, 130 milhões de indivíduos já não são tão livres como em outro tempo se imaginava. A humanidade como massa é governada mais despoticamente pelas leis da probabilidade como nunca esteve por decretos de nenhum tirano [...] para compreender e analisar as reações da massa, sejam estas de átomos ou de seres humanos, se necessita dominar os modernos métodos estatísticos. E o método estatístico é a Matemática social por excelência (Boyer, 1974, p. 596).

No caso específico brasileiro, Valente (1999), Bastos (2006) e D'Ambrosio (2008) descrevem como, principalmente nos séculos XVIII e XIX, a introdução da matemática no Brasil se deu, inicialmente, com forte ancoragem na história das escolas militares, para, em seguida, se constituir com base nas escolas de engenharia. Ainda que houvesse educandários jesuítas no país desde o século XVI, as primeiras escolas primárias datam de 1827 e o primeiro colégio, o Colégio Imperial Pedro II, de 1837, ambos no Rio de Janeiro. Em nível mais elevado, são instituídas, em 1699, as Aulas de Fortificação, ampliadas em 1738 para se tornarem Aulas de Artilharia e Fortificação. São publicados neste século, sob a pena de José Fernandes Pinto Alpoym, os primeiros livros sobre matemática no país [13], "Exame de Artilheiros", em 1744, e, quatro anos depois, "Exame de Bombeiros". A primeira Faculdade de Matemática, embora não reconhecida pela corte portuguesa, é constituída na Bahia, em 1757. E em 1810 se estabelece a Real Academia Militar, embora suas aulas só fossem realizadas no ano seguinte, que evoluiu

[12] O autor, naturalmente, se refere à Declaração Universal dos Direitos Humanos, proclamada pela Organização das Nações Unidas em 1948 e que afirma, em seu artigo I que, todas as pessoas nascem livres e iguais em dignidade e direitos.
[13] Apesar de terem sido impressos na Europa, o primeiro em Lisboa e o segundo, em Madri.

até se tornar, em 1875, a Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Depois disso são fundadas, em 1876, a Escola de Minas de Ouro Preto e, em 1894, a Escola Politécnica de São Paulo. Como se pode observar, é nestes dois séculos que se configura o alicerce para o desenvolvimento da Matemática no Brasil, com matrizes no campo militar ou no campo da engenharia, ou seja, a matemática servindo primordialmente para fins utilitários.

Por fim, o quarto momento por nós destacado compreende o período que se inicia no século XIX, culminando com o advento das máquinas modernas de processamento de dados. À parte a importância enorme que certas contribuições – principalmente de Gauss e Cauchy – produziram na estruturação da análise e que a expansão do poder da abstração, responsável pelo surgimento das novas geometrias [14] desempenhou nas teorias físicas a respeito do universo, talvez a maior influência que possa ser sentida atualmente na sociedade a partir do desenvolvimento do conhecimento matemático a partir do século IX seja o aparecimento dos computadores. Fruto de uma proveitosa relação entre a Lógica e a Álgebra, essa associação surge[15] e se desenvolve especialmente a partir da publicação do livro "*Mathematical Analysis of Logic*", em 1847, por George Boole e também pelos trabalhos posteriores de Frege e De Morgan. O que se sucede a partir daí é que o domínio da abstração se estenderia também aos princípios da lógica. A conversão da Lógica em um tipo de Álgebra, simples e de fácil operação, é considerada como um dos elementos essenciais para o desenho dos circuitos elétricos que vieram a compor as máquinas de computação. Já em 1870, é exibida na London Royal Society, a Máquina Lógica de Jevon, que realizava operações lógicas mecanicamente. As Máquinas de Turing, propostas no início do século XX, prenunciam o que estaria por vir ao final do século, uma alteração ainda mais completa no modo de vida dos indivíduos e das sociedades.

Na sociedade contemporânea, especialmente a partir da década de 1970, era patente a valorização social e econômica aliada a tipos de trabalho recém-criados que brotavam sempre relacionados às tarefas com computadores. Surgem no mercado de trabalho cargos com grande procura e com remuneração superior à média de então, como os de analistas de sistemas, programadores, operadores e até mesmo perfuradores e digitadores.

Não há atualmente, muitos campos de atividade em que o ser humano esteja envolvido que possuam a prerrogativa de se encontrarem imunes à utilização dos processadores de dados. A contabilidade, os transportes, a medicina, a administração, a escola, os governos, as artes, as finanças, as guerras, os esportes, as relações pessoais, a imprensa, os brinquedos, as

[14] As geometrias de Lobachevsky, Bolyai, Plücker, Riemann e Lie.
[15] Apesar de já ter sido proposta por Leibniz, no século XVII.

engenharias, os domicílios, enfim, na maior parte dos ramos que pudermos listar, há uma considerável, senão imprescindível, utilização de computadores. Em todos esses casos, podem ser discutidas as consequências, boas ou ruins, dessa verdadeira colonização dos computadores no cotidiano dos indivíduos e das instituições. O fato é que a presença dos processadores de dados no corpo social é evidente e acontece em larga escala, o que certamente significa uma existência e influência mais considerável ainda de conhecimentos matemáticos sustentando essa realidade, ainda que não se tenha a consciência das maneiras pelas quais essa sustentação ocorre.

Conclusão

Em relação aos quatro pontos de inflexão aqui citados, consideramos que eles são suficientes para sustentar a importância atribuída à matemática em nossa sociedade. Entretanto, também consideramos inegável o fenômeno da coexistência da presença da matemática em todos os campos da atividade humana com a não compreensão dessa matemática pela sociedade em geral. Ainda assim,

> [...] é inegável que existem um discurso e uma crença consideráveis de que o conhecimento matemático é relevante na conformação do mundo. Ainda que não se apreenda qual é a matemática da qual se faz uso para produzir a realidade atual, existe a percepção intuitiva e generalizada de que, sem matemática, quase nada do que existe, continuaria existindo como tal. Assim como o fenômeno da cultura, qualificado antropologicamente como um componente que, da mesma forma que o ar, não é percebido conscientemente, mesmo estando em volta de todas as pessoas (Attie, 2013, p. 54).

Desta forma, vai se cristalizando um paradoxo: quanto maior a influência, maior a invisibilidade! Mesmo sendo cada vez maior a presença do conhecimento matemático nas instituições, na vida cotidiana e na produção de bens, torna também crescente a invisibilidade desse tipo de conhecimento nesses mesmos espaços, ou seja, nas instituições, no cotidiano e na cadeia produtiva.

Essa invisibilidade aparece como fruto e como consequência dos processos de alienação do indivíduo – que, no caso da matemática, se revelam na face do crescente movimento de abstração desse conhecimento e do afastamento de seus processos de significação – e influencia não somente as representações negativas sobre a matemática, mas também, no caso da escola, as interações entre professor e alunos.

Assim, em termos sociais, ao mesmo tempo em que aumenta a consciência da importância da matemática, vai se formando uma bolha de invisibilidade cada vez mais impenetrável em relação aos seus significados. Uma das consequências mais nefastas do segundo fenômeno (a invisibilidade do conhecimento matemático) é a cristalização e perpetuação desse processo de alienação do indivíduo em relação ao universo que o cerca e às suas capacidades e possibilidades.

Referências

ATTIE, J. P. **Relações de poder no processo de ensino e aprendizagem.** 2013. 164f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação. São Paulo, 2013.

BASTOS, T. R. **A Concretização do abstrato: história da institucionalização das ciências matemáticas no Brasil.** Belo Horizonte: Argumentum, 2006.

BELL, E. T. **Historia de las Matemáticas.** México: Fondo de Cultura Económica, 2003.

BOYER, C. B. **História da Matemática.** São Paulo: Edgar Blucher, 1974.

CARAÇA, B. J. **Conceitos Fundamentais da Matemática.** Lisboa: Sá da Costa, 1958.

CROSBY, A. W. **A Mensuração da realidade: a quantificação da sociedade ocidental.** São Paulo: Editora da UNESP, 1997.

D’AMBROSIO, U. **Etnomatemática: arte ou técnica de explicar e conhecer.** São Paulo: Ática, 1990.

D’AMBROSIO, U. **Uma história concisa da matemática no Brasil.** Petrópolis: Vozes, 2008.

DANTZIG, T. **Número: a linguagem da ciência.** Rio de Janeiro: Zahar, 1970.

DIEUDONNÉ, J. **A formação da matemática contemporânea.** Lisboa: Dom Quixote, 1990.

EUCLIDES. **Os Elementos.** São Paulo: Editora da UNESP, 2009.

EVES, H. **Introdução à História da Matemática.** Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

GIUSTI, P. **História ilustrada do xadrez.** São Paulo: Annablume, 1999.

KAYSER, M. **A mecânica do desejo no desencadeamento da ação no Leviatã de Thomas Hobbes.** 2006. 120f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Universidade do Vale do Rio do Sinos. Centro de Ciências Humanas. São Leopoldo, 2006.

LOPES, M. C. O. Calendário Atual: História, Algoritmos e Observações. **Millenium**, 43:107-125. 2012.

MAQUIAVEL, N. **A arte da guerra.** São Paulo: Martins Fontes, 2006.

MENDONÇA, M. Personagem da semana. **Revista Época**, 728:23-25. Rio de Janeiro, 30 abr, 2012.

NAGEL, E.; NEWMAN, J. R. **Prova de Gödel.** São Paulo: Perspectiva, 1973.

PENHA, R. M.; SILVA, M. J. P. Do Sensível ao Inteligível: novos rumos comunicacionais em saúde por meio do estudo da Teoria Quântica**. Revista da Escola de Enfermagem da USP**, 43(1): 208-214. 2009.

RABELAIS, F. **Gangântua e Pantagruel.** Belo Horizonte: Itatiaia, 2003.

RONAN, C. A. **História ilustrada da ciência** vol. III. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1987.

SHAKESPEARE, W. **Otelo, o mouro de Veneza.** Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 1999.

TEIXEIRA, F. G. **Origem da cultura das matemáticas em Portugal.** Lisboa: Academia de Ciências de Lisboa, 1934.

VALENTE, W. R. **Uma história da matemática escolar no Brasil: (1730 – 1930).** 1999. 211f. Tese (Doutorado em Educação). – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação. São Paulo, 1999.

WHITEHEAD, N. A. **A ciência e o mundo moderno.** São Paulo: Paulus, 2006.