

Por que são ‘a certeza matemática’ e ‘a evidência da demonstração’ frases comuns para expressar o mais alto grau de segurança alcançável pela razão?

Isabel Cafezeiro¹
Ivan da Costa Marques²

If (...) the foundation of all sciences, even deductive or demonstrative sciences, is Induction; if every step in ratiocinations even of geometry is an act of induction; and if a train of reasoning is but bringing many inductions to bear upon the same subject of inquire, and drawing a case within one induction by means of another; wherein lies the peculiar certainty always ascribed to the sciences which are entirely, or almost entirely deductive? Why are they called the Exact Sciences? Why are mathematical certainty, and the evidence of demonstration common phrases to express the very highest degree of assurance attainable by reason? Why are mathematics by almost all philosophers and, (by many) even those branches of philosophy which, through the medium of mathematics, have been converted to deductive sciences, considered to be independent of the evidence of experience and observation, and characterized as systems of Necessary Truth? (Mill, 1848: II, V, 1, 148)

1. “Onde reside a ‘certeza peculiar’ sempre atribuída às ciências que são inteiramente ou quase inteiramente dedutivas?”³

Nas primeiras décadas do século XX, em um clima de busca pela objetividade em que “[s]e perseguem limpeza e clareza, rejeitando as distâncias obscuras e as profundidades insondáveis”⁴ (Carnap *et al.*, 1929:112) se ambientou o Programa Formalista de Hilbert, um movimento na busca por bases sólidas para a matemática que se desenrolou nas três primeiras décadas do século XX. Hilbert foi o porta-voz de uma iniciativa em que se buscava a prova rigorosa de qualquer enunciado matemático, assumindo que, uma vez expresso em linguagem formal, a qualquer enunciado corresponderia uma prova da sua veracidade ou falsidade. Em 1925, Hilbert enunciava em discurso aos matemáticos: “Em certo sentido, a matemática tornou-se uma corte de arbitragem, um tribunal supremo para decidir questões fundamentais – em uma base concreta sobre a qual qualquer um pode concordar e onde qualquer enunciado pode ser controlado.”⁵ (Hilbert, 1925) Era um ato de fé enrustido, ou pelo menos um entusiasmo pouco prudente, pois supunha a “evidência da demonstração” e a “certeza da matemática” como guias transcendentais, como se essa “evidência” e essa “certeza” existissem própria e naturalmente no mundo. Hilbert talvez tenha levado a um extremo emblemático a atitude de que perscrutar as origens da “evidência” e da “certeza” não era necessário para dotá-las da capacidade de construir o que talvez possamos chamar “fatos de convencimento.” Havia ganho força naquela época a opção de não se importar muito com as origens misteriosas ou não explicadas da “evidencia” e da “certeza”.

¹ Professora Associada do Instituto de Computação / Universidade Federal Fluminense
Pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia (HCTE) / Universidade Federal do Rio de Janeiro.

² Professor Associado do Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia (HCTE) / Universidade Federal do Rio de Janeiro.

³ [W]herein lies the peculiar certainty always ascribed to the sciences which are entirely, or almost entirely deductive? (Mill, 1848:148)

⁴ [s]e persiguen la limpieza y la claridad, rechazando las distancias oscuras y las profundidades inescrutables.

⁵ mathematics has become a court of arbitration, a supreme tribunal to decide fundamental questions on a concrete basis on which everyone can agree and where every statement can be controlled.

Ao lado da iniciativa de Hilbert, então denominada Programa Formalista de Fundamentação da Matemática, apresentavam-se pelo menos duas outras propostas também motivadas pela ânsia de uma fundamentação mais cuidadosa da Matemática que explicasse conceitos não completamente compreendidos. A Abordagem Logicista, liderada pelos matemáticos Russell e Whitehead, partia dos trabalhos que o matemático e filósofo Frege já vinha desenvolvendo desde a década 1870, em que procurava explicar a matemática em termos da lógica, propondo um sistema de símbolos capaz de expressar com precisão o processo de dedução lógica. Assim, os logicistas baseavam-se na ideia de que toda a matemática é consequência de princípios puramente lógicos, e procuravam, através da linguagem lógica formalizada, eliminar as definições circulares da matemática. Tal como os formalistas, os logicistas sustentavam uma forte confiança na exatidão matemática e na certeza dos métodos dedutivos. Já a abordagem intuicionista, liderada por Brouwer, contrapunha-se às outras duas no sentido em que considerava a matemática como uma atividade humana, fundamentada em processos construtivos.

Essa “certeza peculiar” atribuída às chamadas “ciências dedutivas” ganhou força no início de século XX, através do Círculo de Viena. Em 1929, os chamados positivistas lógicos, membros do Círculo de Viena, declararam sua rejeição ao que chamavam de especulações teológicas e metafísicas em meio ao que consideravam ciência no manifesto “A Concepção Científica do Mundo”, para a qual “não há enigmas insolúveis”⁶ (Carnap *et al.*, 1929:112).

Os positivistas entram em cena com uma dupla composição: (1^o) uma abordagem linguística rigorosa, aliada a um sistema lógico formal, cuja precisão permitiria clarificar os enunciados, eliminando ambiguidades e imprecisões do discurso, para então alcançar o significado dos enunciados; (2^o) considerando que “[t]udo é acessível ao homem e o homem é a medida de todas as coisas”⁷ (Carnap *et al.*, 1929:112), os enunciados suficientemente simplificados seriam confrontados com o mecanismo decisivo: a comprovação empírica (através de experimento objetivo e preciso). Assim, os positivistas configuravam duas categorias distintas, o conhecimento, a cargo dos cientistas, e os mitos e expressões dos sentimentos, a cargo das artes, poesia e música.

O Círculo de Viena reconhecia identidades e divergências entre as três correntes de fundamentação da matemática que disputavam o mérito de compreender e explicar uma suposta “natureza da matemática” e seus fundamentos: “[J]unto ao 'logicismo' de Russell e Whitehead está o 'formalismo' de Hilbert, que concebe a aritmética como um jogo de fórmulas com regras determinadas, e o 'intuicionismo' de Brouwer, segundo o qual os conhecimentos aritméticos se baseiam em uma intuição não mais redutível da dualidade e unidade.”⁸ (Carnap *et al.*, 1929:117)

Os positivistas do Círculo de Viena posicionavam-se ora claramente em favor do logicismo e em oposição ao intuicionismo, ora simpáticos a possíveis de soluções conciliadoras entre as três correntes. Quanto ao formalismo de Hilbert, os positivistas “acompanhavam com interesse”. Não percebiam o sentido transcendental em que Hilbert estabelecia suas certezas matemáticas, como apontamos aqui. Este mesmo sentido, que se apresenta também na abordagem logicista, é reivindicado pelos positivistas: “A concepção da matemática como tautológica em caráter, que é baseada

⁶ Para la concepción científica del mundo no hay enigmas insolubles.

⁷ Todo es accesible al hombre y el hombre es la medida de todas las cosas.

⁸ En la actualidad tres posiciones se oponen en este ámbito: junto al “logicismo” de Russell y Whitehead está el “formalismo” de Hilbert, que concibe a la aritmética como un juego de fórmulas con reglas determinadas, y el “intuicionismo” de Brouwer, según el cual los conocimientos aritméticos se basan en una intuición no ulteriormente reducible de la dualidad y la unidad.

nas investigações de Russell e Wittgenstein, também é sustentada pelo Círculo de Viena.”⁹ (Carnap *et al.*, 1929:117)

A década de 30 revelou surpresas a estas abordagens, e principalmente ao programa formalista de fundamentação da matemática, epítome daquela opção pela fortificação absoluta da ‘evidência’ e da ‘certeza’. Este sofreu um forte abalo com a publicação dos Teoremas de Gödel. Considerando sistemas suficientemente fortes capazes expressar enunciados sobre si mesmos, os Teoremas demonstravam a existência de enunciados que, embora pudessem ser escritos no próprio sistema, não poderiam ser provados, o que expunha a incapacidade da matemática de, mantendo sua consistência, decidir qualquer questão expressa matematicamente. A publicação dos teoremas pôs em cheque o papel da matemática como “corte de arbitragem” definitiva para questões de qualquer tipo. Embora ainda hoje persista o sentimento de confiança irrestrita na “certeza matemática” e na “evidência da demonstração”, vamos argumentar que, se se busca chegar a uma “corte de arbitragem” isolada, sem aliados, a matemática pouco ou quase nada decide.

2. “O fundamento de todas as ciências, mesmo as dedutivas ou demonstrativas, é a Indução”¹⁰

Em meados do século XIX, o empirista inglês John Stuart Mill adotara uma postura que se opõe a associar o mais alto grau de segurança alcançável pela razão “à certeza matemática” e “à evidência da demonstração”. Ele havia argumentado que o conhecimento se inicia com a experiência. Para Mill a fundamentação das ciências vem da experiência e observação, e assim, todas as ciências são indutivas. A indução a que se refere Mill consiste no encadeamento de ideias através do qual o raciocínio evolui em pequenos passos. Nesta cadeia, experiência e observação exercem não somente o papel de ponto de partida, mas estabelecem um vínculo permanente do pensamento com o mundo, o que atribui ao raciocínio um caráter subjetivo, fortemente dependente do estado psicológico e da conjuntura local. Ao se aplicar indistintamente a todas as ciências, a abordagem de Mill abalou a categorização de uma separação rigorosa entre elas, o que causou incômodo aos que consideravam as ditas “ciências exatas” como um tipo particular de conhecimento caracterizado pelo emprego predominante do raciocínio dedutivo. O termo “dedutivo” opõe-se a “indutivo” no sentido de indicar aquilo que é fortemente justificado na aplicação encadeada de regras linguísticas (formais, matemáticas) e portanto livre das subjetividades inerentes aos estados psicológicos e conjunturas locais. Assim, partindo de premissas verdadeiras o raciocínio dedutivo conduziria inevitavelmente a conclusões verdadeiras, dentro de um pressuposto de que há um mundo pré estabelecido de verdades ao qual as ciências se dirigem. Assumindo então serem detentoras deste caráter de exatidão, correte e preservação da verdade, as ditas “ciências exatas” terminam por adquirir um privilégio que inspira confiança e as distingue das demais.

3. “... por quase todos os filósofos e, mesmo (por muitos d)aqueles ramos da filosofia que, por meio da matemática, converteram-se às ciências dedutivas ...”¹¹

⁹ La concepción del carácter tautológico de la matemática, que está basada en las investigaciones de Russell y Wittgenstein, es sostenida también por el Círculo de Viena.

¹⁰ the foundation of all sciences, even deductive or demonstrative sciences, is Induction (Mill, 1848:148)

¹¹ (...) by almost all philosophers and, (by many) even those branches of philosophy which, through the medium of mathematics, have been converted to deductive sciences (...) (Mill, 1848: 148)

No entanto, a abordagem de Mill sobre as ciências e seus questionamentos a respeito da confiança depositada nas ciências dedutivas “por quase todos os filósofos e, mesmo (por muitos d)aqueles ramos da filosofia que, por meio da matemática, converteram-se às ciências dedutivas” foram severamente criticados poucos anos mais tarde. Em 1884 o filósofo e matemático Gottlob Frege dedica grande parte de seu “Os Fundamentos da Aritmética” a uma crítica sarcástica à Mill e seu “psicologismo”, e sobre estes argumentos propõe a sua definição de objetividade e número. Frege enxergava a ênfase na evidência da experiência e da observação como uma ameaça à autoridade da ciência: “Em seu próprio interesse matemáticos deviam, considero, combater qualquer ponto de vista deste tipo já que é calculado para levar à depreciação de um objeto principal de seu estudo, e sua ciência juntamente”¹² (Frege, 1953:xvi), ou mesmo como uma brincadeira: “(...) todas as histórias de Münchhausen são empíricas também; já que certamente todos os tipos de observações precisam ter sido feitas antes que pudessem ser inventadas.”¹³ (Frege, 1953:12)

Também os positivistas do Círculo de Viena, que, como vimos acima, associaram “a certeza matemática” e “a evidência da demonstração” ao mais alto grau de segurança alcançável pela razão, deixaram claro suas objeções não só diretamente à abordagem de Mill, mas também a qualquer tentativa de aproximar das ciências algo que não fosse objetivo. “O que queres dizer com estes enunciados?”¹⁴ (Carnap *et al.*, 1929:112) indagavam eles, em face a questões que entendiam ser as preocupações dos metafísicos e teleológicos: “Não existe um Deus”, “a base primária do mundo é o inconsciente”, “existe um intelecto que é o princípio condutor do organismo vivo”¹⁵ (Carnap *et al.*, 1929:112). Aos positivistas, estas questões revelavam-se completamente desprovidas de conhecimento e estariam ligadas ao domínio dos sentimentos. Ademais, a comprovação empírica seria eficiente o bastante para eliminar qualquer vestígio especulativo, o que invalidaria o propósito de apresentar estes tais “peseudo-problemas filosóficos” de forma aparentemente “científica”: “Pode-se, é claro, muitas vezes reinterpretá-los como enunciados empíricos, mas, neste caso, eles perdem o conteúdo sentimental que é normalmente essencial para o metafísico.”¹⁶ (Carnap *et al.*, 1929:113) Vemos que a comprovação empírica dos positivistas consiste em uma verificação *objetiva* em seus próprios termos, que difere fundamentalmente da concepção de Mill: “É de notar que esta concepção não se opõe apenas ao apriorismo e intuicionismo, mas também ao antigo empirismo (por exemplo, de J. S. Mill), que procurou derivar a matemática e a lógica de uma forma experimental-indutiva, como se fosse.”¹⁷ (Carnap *et al.*, 1929:117)

Tanto no programa formalista de Hilbert quanto na abordagem logicista que deu prosseguimento aos trabalhos de Frege, e ainda, na concepção positivista verifica-se a ênfase explícita atribuída a representação. Hilbert concebia a matemática como um sistema puramente formal, consistindo de símbolos desprovidos de significado ou interpretação. Já os positivistas afirmavam que “[a] descrição científica pode conter

¹² In their own interest mathematicians should, I consider, combat any view of this kind since it is calculated to lead to the disparagement of a principal object of their study, and of their science itself along with it.

¹³ (...) all Münchhausen's tales are empirical too; for certainly all sorts of observations must have been made before they could be invented.

¹⁴ “¿qué quieres decir con tus enunciados?”

¹⁵ “no hay un Dios”, “el fundamento primario del mundo es lo inconsciente”, “hay una entelequia como principio rector en el organismo vivo”

¹⁶ Por supuesto que se puede a menudo reinterpretarlos como enunciados empíricos, pero en ese caso ellos pierden el contenido emotivo que es generalmente esencial para el metafísico.

¹⁷ Algumas versões em inglês terminam este trecho com a expressão “as it were”, que não aparece na tradução para o espanhol considerada aqui: Debe destacarse que esta concepción se opone no sólo al apriorismo e intuicionismo, sino también al empirismo más antiguo (por ejemplo, el de Mill), que quería derivar la matemática y la lógica de una manera inductiva-experimental.

apenas a estrutura (forma de ordem) de objetos, não a sua 'essência'. O que une aos homens na língua são fórmulas estruturais; nelas se representam, por si só, o conteúdo do conhecimento que é comum aos homens.”¹⁸ (Carnap *et al.*, 1929:115/116).

Movimentando-se também no terreno da linguística, Gödel demonstrou seus teoremas que estabelecem limites para a expressividade de sistemas formais. Fez isso com a própria matemática, usando números para falar de números:

As fórmulas de um sistema formal (...) são, consideradas de fora, seqüências finitas de símbolos primitivos (...) e pode-se facilmente tornar completamente preciso quais seqüências de símbolos primitivos são fórmulas com significado e quais não são. Analogamente, do ponto de vista formal, provas não são mais do que seqüências finitas de fórmulas (com algumas propriedades específicas). Naturalmente, para considerações matemáticas, não faz diferença quais objetos toma-se como símbolos primitivos, e decidimos usar números naturais para este propósito.¹⁹ (Gödel:1934)

Gödel mostrou que um sistema formal suficientemente complexo para falar sobre si mesmo, não poderia ser ao mesmo tempo completo (capaz de provar a veracidade ou falsidade de qualquer enunciado formalizado no próprio sistema) e consistente (não contraditório). O confronto dos Teoremas de Gödel com o programa de Hilbert se deu especificamente na medida em que este último propunha a formalização de toda matemática em um único sistema formal, mas, em um contexto geral, a publicação dos teoremas abalou a confiança no poder irrestrito da matemática.

4. “‘Cadeia de raciocínio’ não é mais do que fazer muitas induções sobre o mesmo assunto e configurar o caso em uma indução por meio de outra”²⁰

A “exatidão” das ciências resulta de um processo de purificação, ou seja, de afastamento das questões locais e subjetivas. Priorizando a forma (representação) e, portanto, obscurecendo a coisa (as instâncias, o conteúdo), este processo produz o conhecimento distanciado, considerado neutro por ser independente das circunstâncias locais. De maneira inversa, a evidência, a experiência, a observação, as considerações locais e subjetivas, como na indução de Mill, desfoca a representação estabelecendo um contínuo entre coisa e forma.

Uma abordagem que remarca a aproximação entre coisa e forma através de uma cadeia indutiva é a explicação de William James sobre o processo de construção do conhecimento. James, filósofo pragmatista norte-americano da passagem do século XIX ao XX, considera que, uma vez que se perdem os laços com as materialidades se tem a sensação de que a representação, chamada então, idéias abstratas - vem do nada. Citando George Trumbull Ladd, James adota o termo *salto mortale* referindo-se a este processo de purificação pelo qual é produzido um abismo epistemológico entre o objeto (coisa) e a ideia (forma):

¹⁸ En la descripción científica sólo puede ingresar la estructura (forma de orden) de los objetos, no su “esencia”. Lo que une a los hombres en el lenguaje son fórmulas de estructura; en ellas se representa, por sí mismo, el contenido del conocimiento que es común a los hombres.

¹⁹ The formulas of a formal system (...) are, considered from outside, finite sequences of primitive symbols (...) and one can easily make completely precise which sequences of primitive symbols are meaningful formulas and which are not. Analogously, from the formal standpoint, proofs are not but finite sequences of formulas (with certain specifiable properties). Naturally, for metamathematical considerations, it makes no difference which objects one takes as primitive symbols, and we decided to use natural numbers for that purpose.

²⁰ a train of reasoning is but bringing many inductions to bear upon the same subject of inquiry, and drawing a case within one induction by means of another (Mill, 1848: 148)

Em outras palavras, os intermediários que, em sua particularidade concreta formam uma ponte, evaporam idealmente em um intervalo vazio a cruzar, e depois, tendo a relação entre os termos finais tornado-se saltatória, todo o “hocus-pocus of Erkenntnistheorie” começa, e segue desenfreado por considerações concretas posteriores. A ideia, em “significando” um objeto separado de si mesmo por um “corte epistemológico” agora executa o que o Professor Ladd chama de “salto mortale”; sabendo-se a natureza do objeto, ele agora transcende a si próprio. O objeto por sua vez torna-se “presente” onde está, na verdade, ausente, etc.; até que reste um esquema em nossas mãos.²¹ (James, 1907:VI)

James chama de “ambulatória” a sua abordagem de conhecimento, no sentido de que considera todas as etapas intermediárias que define o conhecimento em cada caso real, em oposição à abordagem “saltatória”, que descreve apenas resultados abstratamente tomados. Ao destacar a ponte entre o objeto e idéia, ele desfaz a separação entre o concreto e o abstrato, e traz de volta à cena todas as particularidades e contingências locais que o processo de abstração deixa à parte:

A ponte de intermediários, reais ou possíveis, que é em cada caso real o que carrega e define o saber, é tratada como uma complicação episódica que não precisa nem mesmo potencialmente estar ali. Acredito que essa falácia vulgar de opor abstrações ao concreto de onde são abstraídas, é a maior razão pela qual minha abordagem do conhecimento é considerada tão insatisfatória. (James, 1907:VI)

Na última década do século XX Bruno Latour (2001:69) propõe o conceito de *referência circulante* que também ressoa com a abordagem de Mill do século XIX. Latour considera que o conhecimento é construído em uma cadeia reversível de curtos passos, que ele chama de referência circulante. Cada passo intermediário na cadeia de construção do conhecimento é apenas um pequeno intervalo entre *coisa* e *forma*, e o que serve como *coisa* em uma etapa torna-se *forma* na etapa seguinte. O que permanece invariável ao longo da cadeia, no deslocamento para a frente ou para trás é a referência. Assim, mundo e linguagem não são domínios isolados que estão ligados pela referência. Contrariamente a isto, a cadeia é um contínuo onde coisa e forma estão muito próximos:

Se a cadeia for interrompida em algum ponto, deixa de transportar a verdade, - isto é, deixa de produzir, de construir, de traçar, de conduzir a verdade. A palavra “referência” designa a qualidade da cadeia em sua inteireza e não mais a *adequatio rei et intellectus*. Aqui, o valor de verdade circula como eletricidade ao longo do fio, enquanto o circuito não é interrompido. (Latour, 2001:86)

Quando ilustrada em exemplos, a referência circulante nos ajuda também a compreender a *cadeia de raciocínio* a que Mill se refere, e como se dá, a partir dela, a aproximação entre coisa e forma. Latour seguiu o trabalho de pedólogos em uma pesquisa de campo na Amazônia, que buscava explicar uma abrupta divisão entre um território árido e vazio; o outro, úmido e estuante de vida. “Estará a floresta avançando, como o bosque de Birnam em direção Dunsinane, ou recuando?” (Latour, 2001:69) é o que o grupo de pesquisadores procurou responder. Ao acompanhar este

²¹ In other words, the intermediaries which in their concrete particularity form a bridge, evaporate ideally into an empty interval to cross, and then, the relation of the end-terms having become saltatory, the whole hocus-pocus of Erkenntnistheorie begins, and goes on unrestrained by further concrete considerations. The idea, in ‘meaning’ an object separated by an ‘epistemological chasm’ from itself, now executes what Professor Ladd calls a ‘salto mortale’; in knowing the object’s nature, it now ‘transcends’ its own. The object in turn becomes ‘present’ where it is really absent, etc.; until a scheme remains upon our hands.

trabalho, Latour verificou a cadeia de pequenos passos de representações que terminaram por traduzir amostras de solos, plantas, dentre outros elementos locais em um código, tabelas, esquemas e mapas que podem ser reconhecidos internacionalmente, e transportam a floresta para qualquer parte do mundo sob a forma de artigos científicos.

O conceito de referência circulante e a constatação do “salto mortal” ajudam no entendimento de que, quando desligada das condições locais de onde foi enunciada, a idéia dita abstrata pode assumir a forma de verdade universal, a autoridade de evidências, que dispensa explicações.

5. “Porque é a matemática (...) considerada independente da evidência da experiência e observação, e caracterizada como sistemas de Verdades Necessárias?”²²

Em teorias ditas abstratas, não se enxergaria materialidades, fontes de inspirações, vínculos diretos com o mundo-da-vida. Para os que abraçam a idéia de teorias abstratas, estas teorias definem objetos abstratos que são compreendidos e ensinados. Os matemáticos referem-se a eles como entidades autônomas, e comunicam-se e constroem novas abstrações a partir deles, cada vez mais desvinculadas das entidades do mundo-da-vida que inicialmente serviram de inspiração. Quando não se percebem estes vínculos obtém-se o que é dito “objetivo”, dando a impressão de universalidade, precisão e neutralidade, isenção de qualquer juízo pessoal. Para Fleck (1935:93), porém, tal coisa é algo que não existe: “A noção de pensamento livre de sentimentos não faz sentido. Não existe nenhuma pura isenção de sentimentos em si ou uma pura conformidade ao entendimento em si.” Retomamos, então o questionamento de Mill, no século XIX, e o encaminhamos a Fleck:

Porque é a matemática por quase todos os filósofos e, (por muitos) mesmo aqueles ramos da filosofia que, por meio da matemática, converteram-se às ciências dedutivas, considerada independente da evidência da experiência e observação, e caracterizada como sistemas de Verdades Necessárias?²³ (Mill, 1848: II, V, 1, 148)

Eis a resposta de Fleck nos anos 1930:

Existe apenas congruência ou diferença de sentimentos, e a congruência homogênea de sentimentos numa sociedade se chama, no âmbito dela, isenção de sentimentos. É ela que possibilita um pensamento comunicável sem maiores deformações, isto é, um pensamento formal, esquemático e concebível em palavras e frases, ao qual se atribui emocionalmente um poder de constatar existências autônomas. Fleck (1935:93)

No âmbito do coletivo onde se dá este o pensamento comunicável a que Fleck se refere, os vínculos com as materialidades não são expostos. São evidentes para aquele coletivo e não precisam ser ressaltados. É o salto mortal de James: o pensamento esquemático vai assumindo o caráter daquilo que não precisa ser explicado, e mais tarde, por força do uso, naturaliza-se. Assim, o “objetivo” é uma construção social.

²² Why are mathematics (...) considered to be independent of the evidence of experience and observation, and characterized as systems of Necessary Truth? (Mill, 1848: 148)

²³ Why are mathematics by almost all philosophers and, (by many) even those branches of philosophy which, through the medium of mathematics, have been converted to deductive sciences, considered to be independent of the evidence of experience and observation, and characterized as Systems of Necessary Truth? (Mill, 1848:148)

A “objetividade”, como sinônimo de universalidade, precisão e neutralidade, é construída sobre uma cadeia de representações e re-representações (formas sobre formas). Em cada etapa desta cadeia as coisas materiais que inicialmente serviram como modelos são abandonadas como resultado do processo de abstração. Ressaltando a forma (representação) e, portanto, obscurecendo a coisa (as instâncias, o conteúdo), este processo produz o conhecimento distanciado, considerado neutro, independente das circunstâncias locais. No senso comum, este conhecimento despersonalizado tem a força da verdade universal, e assim abre espaço a acusações de irracionalidade: os que pensam de maneira diferente pensam errado. Questionamentos e entendimentos passam a ser então somente admissíveis nos próprios termos abstratos, não mais nas materialidades originais. Como resultado, diminuem-se as chances de ação para aqueles que estão do lado de fora dos centros hegemônicos. “Por vezes é útil pedir à evidência que se justifique”, disse o linguista Benveniste (1992,p.49) ao verificar que o óbvio – que a linguagem serve para comunicar – necessita explicações. Assumir o óbvio, ou seja, ocultar os vínculos com o mundo da vida torna o conhecimento ao mesmo tempo autoritário – porque quer se impor, e opressivo – porque não admite questionamentos a não ser em seus próprios termos. Faz-se necessário desfazer o salto mortal evidenciando as materialidades originais, ou estabelecendo novos vínculos. James explica:

tudo o que precisamos é restaurar alguma parte, não importa o quão pequena, do que havíamos jogado fora. No caso do abismo epistemológico o primeiro passo razoável é lembrar que o abismo foi preenchido por ALGUM material empírico, seja ideacional ou sensacional, que performou ALGUMA função ligadora e nos salvou do salto mortal. Restaurando então o indispensável modicum de realidade para o assunto de nossa discussão, achamos nosso tratamento abstrato genuinamente útil. Escapamos do envolvimento com casos especiais, sem, ao mesmo tempo, cair em paradoxos gratuitos.²⁴ (JAMES, 1907,p.VI)

Como no modelo de referência circulante (Latour, 2001), abstrações ou teorias devem estar perto de coisas que elas abstraem ou sobre as quais elas acreditam, e um cálculo não pode ser entendido quando distanciado da central de cálculo onde foi produzido (Latour, 1998). Esta combinação de fatores ajuda a quebrar a estabilidade da certeza com relação a “objetividades” e dá lugar a construções locais de conhecimento. Ela torna possível que um corpo “abstrato”, estabilizado, de conhecimento assente sobre um novo contexto, sendo, para isso, traduzido para a nova forma de uso, e, assim, remodelado. Assim, abre caminho a novas objetividades, a novas possibilidades de construção de conhecimento, permitindo uma matemática que as pessoas fazem, e vivem, no local onde fazem e vivem, de acordo com suas próprias necessidades.

6. “Por que são ‘a certeza matemática’ e ‘a evidência da demonstração’ frases comuns para expressar o mais alto grau de segurança alcançável pela razão?”²⁵

No sentido de problematizar “a certeza matemática” e “a evidência da demonstração” em meio ao mundo em que vivemos, finalizamos este texto apresentando três

²⁴ all we need is to restore some part, no matter how small, of what we have taken away. In the case of the epistemological chasm the first reasonable step is to remember that the chasm was filled with SOME empirical material, whether ideational or sensational, which performed SOME bridging function and saved us from the mortal leap. Restoring thus the indispensable modicum of reality to the matter of our discussion, we find our abstract treatment genuinely useful. We escape entanglement with special cases without at the same time falling into gratuitous paradoxes.

²⁵ Why are mathematical certainty, and the evidence of demonstration common phrases to express the very highest degree of assurance attainable by reason?

situações envolvendo a matemática onde o raciocínio puramente dedutivo e a confiança nas provas formais e na matemática não foram suficientes para resolver problemas do dia a dia e decidir controvérsias. Impotente diante das questões do mundo-da-vida, “a certeza matemática” e “a evidência da demonstração” precisaram invocar novos aliados, efetuando um processo inverso à busca pela limpeza e clareza tão defendida pelos positivistas do Círculo de Viena.

Caso 1: Admitindo erros em meio à exatidão algorítmica

Para melhorar a eficiência de um algoritmo computacional na resolução de um problema matemático (testar se um dado número é primo) o cientista da computação Michael Rabin, em 1975, adotou um modelo probabilístico, ou seja, introduziu no algoritmo um componente aleatório (determinada decisão algorítmica seria dependente de algo como um lançamento de moeda). A técnica se mostrou eficiente, gerando resultados oito vezes mais rápidos, porém introduziu uma pequena margem de erro. A possibilidade de erro em meio à certeza algorítmica provocou grande polêmica despertando objeções acerca da confiabilidade de tais métodos. Para ser convincente e driblar as objeções dos matemáticos, Rabin teve que apelar para argumentos extra-matemáticos. Justificou que as melhorias obtidas na nova abordagem tornaria o algoritmo, antes inviável, possível de ser utilizado para fins práticos. A controvérsia então tomou uma nova forma: traduziu-se em definir o que seriam “fins práticos”. Apesar das críticas e rejeições, a pesquisa em algoritmos aleatórios está crescendo, sendo hoje um importante ramo em Ciência da Computação, com muitas “aplicações práticas”, mostrando assim que, no mundo-da-vida, a matemática se reconfigura em resposta às novas realidades. A aleatoriedade permitiu a ação mesmo diante da possibilidade do erro, e levantou a seguinte questão: Agir em meio à incerteza, ou paralisar na certeza matemática? Vemos, então, que a matemática segura e limpa torna-se infectada por questões locais, contingenciais e transforma-se. Somente este imbricamento faz da matemática algo útil no mundo da vida, ou seja, adequada para “fins práticos”. (Sasha, 2010, Kolata, 1976)

Caso 2: O computador e acordos comerciais determinam a aritmética

Mackenzie (1996:168) relata que um especialista verificou que em um cálculo de juros compostos obtia-se quatro resultados diferentes quando feito em computadores de quatro fabricantes diferentes. Além disso, ele verificou que em certas máquinas, $a/1$ não resultava em a e $\pi - \pi e$ não é zero, o que conflitava com a aritmética humana. Essas diferenças matematicamente inesperadas ou espúrias provêm do confronto entre a expressão em expansão infinita de certos números reais e o tamanho finito da representação computacional que certamente requer um truncamento na representação do número. Um acordo acerca do ponto de truncamento implicaria em custosas modificações em projeto de hardware. Mackenzie aponta também a necessidade de *arbitrar* questões como: o que deve ser feito se o resultado de um cálculo exceder o maior valor absoluto expressável no sistema escolhido, ou se for menor do que o menor valor representável? O que deve ser feito se um usuário tenta uma operação sem sentido aritmético, como dividir zero por zero? Acirradas discussões se sucederam, e a busca de uma aritmética consensual, escapou do âmbito matemático, fazendo entrar em cena elementos mercadológicos, interesses de grupos particulares dentre outras questões. Um comitê começou a trabalhar em setembro de 1977, mas somente em 1985 foi adotado o padrão IEEE 754 para Aritmética Binária de Números Fracionários. Dividindo a cena com diversos fatores “extra-matemáticos”, a negociação de um acordo sobrepôs-se à autoridade da matemática. Hoje em dia, o padrão IEEE 754 é amplamente adotado por fabricantes de computadores.

Tendo em vista que os computadores estão presentes na quase totalidade de nossos afazeres, vemos que esta matemática arranjada, negociada em mercado, infectada por interesses particulares, adaptada às exigências da máquina, é a que determina os nossos salários e calcula as nossas prestações. A “linguagem da natureza” - matemática “verdadeira”, limpa e objetiva permanece nos livros didáticos e artigos científicos. Ou seja, vemos uma situação onde a aritmética é fabricada (determinada, configurada) por aqueles computadores (daquele local e momento) interagindo em uma rede heterogênea de atores. Daí, persistia a dúvida: Qual das aritméticas implementadas seria a mais correta? A resposta pressupõe um confronto destas aritméticas com a *verdadeira matemática*, aquela mesma que Galileu disse ser a linguagem da natureza.

O Sol de verdade ora está do lado dos teóricos quando estes acusam os experimentais de estarem enganados, ora do lado destes últimos, quando acusam os primeiros de terem criado um modelo fictício do comportamento solar. Isso é injusto demais. Pediu-se ao Sol de verdade que distinguisse bem os dois contendores, e não que se transformasse em mais um osso pelo qual briga toda uma matilha. (Latour, 1998:159)

Assim como o Sol que, como propõe Latour, não se decidiu entre teóricos e experimentais, também a matemática se mostrou incapaz de fornecer uma resposta definitiva, baseado em sua “própria natureza”.

Caso 3: Colaboração social: fator de confiabilidade de sistemas computacionais

De acordo com as normas de certificação sistemas de computador, quanto maior for a adesão a métodos matemáticos e provas formais de correção, maior seria o grau de confiabilidade do sistema. Tais normas portanto mobilizam ‘a certeza matemática’ e ‘a evidência da demonstração’ para alcançar o mais alto grau de confiabilidade. Em contraste, sistemas verificados através de testes de funcionalidade são considerados pouco confiáveis. Assim, empresas emitem certificados de confiabilidade baseando-se em métodos dedutivos. A grande maioria dos profissionais de informática não é capaz de entender as complicadas provas de correção dos sistemas (possivelmente achariam mais fácil entender os próprios programas), mas, se o software é “certificado”, é consenso que está apto para ser usado mesmo em situações de alto risco. Então, o que fala mais alto não é o pensamento dedutivo em que as entidades matemáticas são pretensamente construídas, mas a força do discurso de confiança, conhecimento verdadeiro e universal, que autoriza empresas a divulgarem afirmações como “IT products and protection profiles which earns a Common Criteria certificate can be procured or used without the need for further evaluation.” (<http://www.commoncriteriaportal.org/ccra/>).

No entanto, verifica-se que, mesmo sendo “dedutivos,” estes métodos envolvem decisões, como por exemplo, a *escolha* das partes do sistema consideradas críticas, a formulação de propriedades *possivelmente* relacionadas a situações de erro. Incapazes de eliminar as subjetividades inerentes a estas escolhas iniciais, os métodos formais furtivamente as propagam, fazendo-as presentes ao longo de todo o processo. Não se pode então dizer que a matemática garante uma confiabilidade (ausência de erros ou aderência a especificações ditas objetivas), já que fatores ou avaliações subjetivas são introduzidos nas escolhas iniciais.

Desde os anos setenta questionava-se a subjetividade inevitavelmente presente no processo de formalização. Argumentações no sentido de sugerir fatores extra-matemáticos como minimizadores das condições de erro foram, naquela época, desconsiderados (DeMilo *et al.*, 1979). No entanto, vemos agora que a credibilidade na matematização dos sistemas computacionais vem perdendo espaço para uma

proliferação de metodologias de desenvolvimento que apostam na exposição a processos sociais e colaborativos para o desenvolvimento de software seguro. Estas metodologias partem do pressuposto de que a criação coletiva, negociação, discussão, revisão por múltiplos agentes, entre outros mecanismos de participação, tendem a maximizar as chances de sucesso na construção de sistemas, facilitando a verificação das ocorrências de erro e disseminando as técnicas bem sucedidas. Dividir a cena com metodologias "extra-matemáticas" vem tornando-se, ao longo dos anos, uma forte tendência para os métodos formais. A ampla disseminação destas metodologias mostra a fragilidade da matemática em manter-se dominante como um agente isolado, e de seus esforços para resistir aos ataques e de sustentar sua "versão de realidade" como "a realidade". Vê-se claramente nos termos difundidos pelas empresas de certificação e nas propagandas dos produtos certificados que a autoridade da matemática auxilia na construção de "fatos de convencimento": a crença na matemática como um ato de fé. No mercado, a certificação é um fator diferencial do produto, que muito auxilia nas vendas.

7. "Porque são elas chamadas "ciências exatas"?"²⁶

Estes três casos mostram situações onde a autoridade da "objetividade" dedutiva da matemática, contrastando com sua incapacidade em resolver alguns problemas da vida real, teve que dar lugar ao raciocínio indutivo, testes e abordagens empíricas. A negociação entre o raciocínio dedutivo consensual e as novas conformações impostas pelas restrições locais deu origem a "novas objetividades". Embora nem sempre sejam amplamente reconhecidas, estas matemáticas emergentes se mantêm em uso, uma vez que no mundo-da-vida são elas que fazem as coisas funcionarem. Ao mesmo tempo, deixam aparente a "impossibilidade de 'pensar em termos puramente teóricos' e de 'constatar fatos de modo puramente objetivo'" (Fleck 1935:92), o que geraria contradições já que a experiência só faz sentido no encontro com o mundo-da-vida. O "pensamento objetivo", supostamente livre de sentimento conflita com a necessidade de considerar a "colaboração contínua dos actantes" (Latour, 1998). Ao que parece, não há como driblar a forte pincelada de componente coletivo na conexão entre fato e indivíduo, o que abala a caracterização das ditas ciências exatas.

Referências

Benveniste, E. *O homem na Linguagem*. Lisboa, Editora veja Ltda., 1992.

Carnap, R., Neurath, O., Hahn, H. *La concepción científica del mundo: el Círculo de Viena*. 1929 Tradução de Lorenzano, P. *Presentación de La concepción científica del mundo: el Círculo de Viena*. Revista Redes, vol.9, n. 18, 2002, pp. 103-149

De Millo, R. A, Lipton, R. J. & Perlis, A. J.: Social Processes and proofs of theorems and programs, *Communications of the ACM* 22, 1979: 271-280.

Frege, G.: *The Foundations of Arithmetic. A logico-mathematical enquiry into the concept of number*, Harper & Brothers. New York. 2Ed, 1884/1953.

Fleck, L. *Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico*. Editora Fabrefactum, 1935/2010

²⁶ Why are they called the Exact Sciences?

Gödel, K. "On Formally Undecidable Propositions of Principia Mathematica and Related Systems, I", 1934 In: *The Undecidable: Basic Papers on Undecidable Propositions, Unsolvability Problems and Computable Functions*. Davis, M. Lippincott Williams & Wilkins.

Hilbert, D.: On the infinite, In: Bencerraf, P., Putnam, H.(eds.) *Philosophy of Mathematics* Cambridge University Press, 1925/1984.

James, W.: *The Meaning of Truth* Burkhardt, F. H., Bowers. F. & Skrupskelis, I. K. (Eds). Cambridge: Harvard University Press, 1909.

Kolata, G. B.: Mathematical Proof: The Genesis of Reasonable Doubt. *Science* 192, n. 4243, pp 989-990, 1976

Latour, B.: *A esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos de ciências*. EDUSC. 2001. 372 p.

Latour, B. *Ciência em ação. Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: Ed Unesp, 1998

Mackenzie, D.: Negotiating Arithmetic, Constructing Proof. In: D. Mackenzie (Ed.). *Knowing Machines - Essays on Technical Change*. The MIT Press, 1996.

Mill, J. S.: *A System of Logic, Ratiocinative and Inductive*. Londres: H& B Pub, 1848.

Shasha, D.:, An Interview with Michael O. Rabin, *Communications of the ACM*, v.53 N.2, pp 37-42, 2010.