

A lógica do pensamento e a lógica matemática: uma análise epistemológica a partir do estudo do movimento lógico-histórico do conceito de medida

The logic of thought and mathematical logic:
an epistemological analysis based on the study of the historical-
logical movement of the concept of measure

Alan Kardec Carvalho Sarmiento¹

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo discutir a problemática da consistência da matemática no contexto da lógica formal e sua relação com a lógica do pensamento, relacionado com o desenvolvimento Lógico-Histórico do conceito de medida como forma de materialização da tese segundo a qual a lógica da matemática, enquanto lógica do pensamento, não apenas engloba a lógica formal, mas a supera, à medida que considera o conteúdo cultural e social dos conceitos matemáticos e as condições originárias deles, que os trouxeram ao mundo concreto, o que é indispensável para uma investigação baseada no movimento Lógico-Histórico. A metodologia consistiu em uma revisão bibliográfica, a partir da qual, foi possível realizar uma análise histórico-epistemológica, relacionando a lógica matemática, a lógica formal no contexto da lógica do pensamento para elaborar uma síntese histórica que engloba a origem, os fundamentos matemáticos e o conteúdo social subjacentes ao conceito de medida, buscando elementos epistemológicos que possibilitem elucidar o processo de construção das medidas. De modo geral, os resultados dão suporte à principal tese defendida nesse artigo. Além disso, corrobora com a tese de

ABSTRACT

This article aims to discuss the problem of the consistency of mathematics in the context of formal logic and its relationship with the logic of thought, relating it to the Logical-Historical development of the concept of measure as a way of materializing the thesis according to which the logic of mathematics, as the logic of thought, not only encompasses formal logic, but surpasses it, as it considers the cultural and social content of mathematical concepts and their original conditions, which brought them to the concrete world, which is indispensable for an investigation based on the Logical-Historical movement. The methodology consisted of a bibliographical review, from which it was possible to carry out a historical-epistemological analysis, relating mathematical logic and formal logic in the context of the logic of thought in order to draw up a historical synthesis that encompasses the origin, mathematical foundations and social content underlying the concept of measurement, seeking epistemological elements that make it possible to elucidate the process of constructing measurements. In general, the results support the main thesis defended in this article. It also corroborates Kopnin's

¹ Doutor em Educação pela FE-USP. (Linha: Ensino de Ciências da Natureza e Matemática). Professor do Magistério Superior. Docente do curso de Graduação em Licenciatura em Ciências da Natureza (área: Matemática) e Pós-Graduação em Especialização em Educação Matemática da Universidade Federal do Piauí. Teresina, Piauí, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0464-5677>. E-mail: alankardec@ufpi.edu.br.

Kopnin (1978), pela a qual a lógica fundamental do pensamento se dirige em ascensão do simples ao concreto, do inferior ao superior, que reflete as leis que determinam o desenvolvimento do conceito no mundo objetivo.

Palavras-chave: Conceito de Medidas; Lógico-histórico; Epistemologia da Matemática; Lógica do pensamento; Lógica Matemática.

(1978) thesis that the fundamental logic of thought moves upwards from the simple to the concrete, from the inferior to the superior, reflecting the laws that determine the development of the concept in the objective world.

Keywords: Concept of Measures; Logical-historical; Epistemology of mathematics; Logic of thought; Mathematical Logic.

Introdução

Por meio da lógica, a mente humana é capaz de apreender aquilo que os órgãos dos sentidos não conseguem captar, porque vai além dos limites da percepção e do sensitivo; a lógica permite compreender as propriedades dos objetos ou fenômenos, suas leis e relações, além disso, evidencia os nexos de ligação entre os diversos estágios de seu desenvolvimento, conferindo-lhe historicidade (KOPNIN, 1978).

Considerando o pressuposto acima, discutimos neste artigo a problemática da consistência da matemática no contexto da lógica formal e sua relação como a lógica do pensamento, tomando o desenvolvimento Lógico-Histórico do conceito de medida como forma de materialização da seguinte tese: a lógica da matemática, enquanto lógica do pensamento, não apenas engloba a lógica formal, mas a supera, à medida que considera o conteúdo cultural e social dos conceitos matemáticos e as condições originárias deles, que os trouxeram ao mundo concreto, o que é indispensável para uma investigação baseada no movimento Lógico-Histórico.

O presente estudo foi pautado nos fundamentos da Teoria Histórico-Cultural, inspirado no Materialismo Histórico-Dialético. São autores citados neste artigo, dentre outros: Caraça (2016); Dias (1998); Eves (2004); Kopnin (1978); Kulla (1980); Moura et. Al. (2016); Silva (2004); Vigotski (1998). Trata-se de um estudo bibliográfico, abordando a questão da lógica matemática, a partir de uma análise histórico-epistemológica, envolvendo a concepção formalista, logicista e a questão da consistência da matemática, em relação à lógica do pensamento. Neste sentido, utilizamos a categoria dialética Lógico-

Histórico como método de análise, para buscar evidências, no processo de desenvolvimento do conceito de medida, considerado a origem, os fundamentos e o conteúdo social e cultural dele como possibilidade de elucidar a relação entre a lógica matemática e a lógica do pensamento.

Nesse sentido, compreendemos que as medidas não se desenvolveram tributária do ambiente cultural, pois o conceito de medida vem sendo definido na cultura no qual se desenvolve e está integrado. Na verdade, foi sob a influência dos interesses políticos, econômicos e científicos, das disputas e da busca de soluções para a vida humana, que ele se constituiu como conhecimento, evidenciando que a lógica matemática não é anterior à lógica do pensamento nem ajena ao mundo concreto ou à relação objetal.

I - A lógica matemática e a lógica do pensamento: o desenvolvimento Lógico-Histórico dos conceitos matemáticos

Da contradição harmônica do lógico e do histórico resulta a categoria dialética Lógico-Histórico que desencadeia o processo de desenvolvimento do objeto, cuja apropriação reflete-se no processo de significação social e na atribuição de sentido pelo sujeito. O ponto de partida para o movimento lógico é a observação dos fenômenos (naturais e sociais) e a atividade prática do homem no mundo, que devem ser analisadas em seu contexto histórico e social. A lógica, conforme Kopnin (1978, p. 186),

nos dá a conhecer a forma do desenvolvimento em seu aspecto puro, que assim, literalmente não se reproduz em nenhum processo histórico, no entanto, a forma lógica do desenvolvimento reflete qualquer processo histórico, porque ele é imprescindível para sua compreensão.

Na concepção materialista, o conhecimento não é apriorístico, ao contrário, ele resulta da relação viva do indivíduo com seu espaço social e cultural. Sendo esta uma lei geral, a análise das questões epistemológicas no campo da Matemática encontra-se na análise do desenvolvimento Lógico-Histórico do seu sistema conceitual, uma vez que os conceitos matemáticos se desenvolvem no mundo

objetivo e não apenas por processos mentalistas. Ou seja, não há Matemática pura, quando a palavra “pura” é empregada para retirar dela seu conteúdo social e cultural e base empírica.

A Matemática originou-se a partir do reflexo ativo do mundo material na mente humana, começando pelos aspectos mais gerais e externos do objeto, captados sensorialmente até objetivar-se por processos de abstração. Foram estes processos, resultantes da atividade mental, que evidenciaram as leis, os nexos e as relações do objeto com a fluência universal, seguindo o caminho da lógica do pensamento, que evolui sempre do mais simples para o mais complexo, do inferior para o superior, do abstrato ao concreto pensado Neste sentido, “[...] empírico é sensorial por seu conteúdo e racional pela sua forma; o conteúdo sensorial se expressa por meios lógicos” (KOPNIN, 1978, p.148). Em sua trajetória, a Matemática não percorreu uma trilha tranquila e perfeita, sem sobressaltos, ou obstáculos. A história mostra com certa precisão seus reveses. A crise dos incomensuráveis vivida pelos pitagóricos no século V a C. evidencia esta situação.

[...] a definição pitagórica de proporção, assumindo como comensuráveis duas grandezas quaisquer similares, fazia com que todas as proposições da teoria pitagórica das proporções se limitassem a grandezas comensuráveis, invalidando sua teoria geral das figuras semelhantes. Tão grande foi o escândalo lógico” que por algum tempo se fizeram esforços para manter a questão em sigilo (EVES, 2004, p. 107).

Os pitagóricos acreditavam, até então, que todos os números poderiam ser representados como uma fração, mas foi no bojo do próprio Teorema de Pitágoras, que se revelou a contradição. Levou mais de um século até que Eudoxo, ao revisar a Teoria das Grandezas Proporcionais, começou a resolver a situação, elaborando a teoria dos incomensuráveis que coincide em essência com a moderna Teoria dos Números Irracionais dados por Richard Dedekind em 1872. O que podemos inferir disso é que os conceitos matemáticos resultaram da atividade prática do homem e se desenvolvem pelos processos de abstração, na atividade mental. Assim:

A atividade do homem é primariamente uma atividade prática, e somente mais tarde a atividade teórica e a atividade mental interna são separadas dela. Contudo a atividade prática do homem sempre inclui, em seu interior, componentes psíquicos que refletem as condições nas quais ela é realizada e a regulam (RUBINSTEIN, 1979, p. 334).

Conseqüentemente, os conceitos matemáticos são abstratos, não como negação do concreto, pois são concretos pensados e prontos para transformar-se pela atividade humana; nem no sentido idealista que procura, em vão, separar a construção matemática do mundo real, defendendo que a Matemática é um fenômeno do pensamento puro. O caráter abstrato dos conceitos matemáticos diz respeito à sua origem subjetiva, ancorada nos processos de abstrações (processos lógicos de separação e reconstrução da totalidade) do pensamento humano. Os conceitos matemáticos, por mais sofisticados que sejam, contêm componentes sensoriais e não são apenas racionais.

A estrutura lógico-simbólica da Matemática, carece de significados, pois ela se posiciona como mediadora do pensamento intersubjetivo, todavia, o pensamento nunca é igual ao significado direto do signo, do léxico matemático, pois a relação entre o pensamento e a palavra é sempre indireta e ligada pelos significados constituídos no mundo social. O próprio pensamento não nasce de outro pensamento, mas do campo da nossa consciência que o motiva, abrangendo as nossas necessidades, os nossos interesses e motivações, os nossos afetos e emoções (VIGOTSKI, 1998).

Na concepção dos logicistas (Frege, Peano e Russell), no início do século XX, a lógica matemática se estrutura por meio dos axiomas, postulados, princípios e leis associativas, que garantem os teoremas, como verdades. Eles buscavam caracterizar a matemática privilegiando a forma como tributária do conteúdo. Desse modo, a Matemática ficou restrita a um sistema rígido de axiomas com a pretensão de evitar qualquer inconsistência nos sistemas conceituais. A busca pela linguagem perfeita, guardava em si o platonismo do mundo objetivo e da matemática naturalista, pronta e disponível ao homem, a quem cabia apenas sua descoberta. Nesse sentido, parece que a Matemática é uma dádiva de alguns

indivíduos privilegiados; seus processos de desenvolvimento são fenômenos do pensamento dessas mentes brilhantes. Parecendo que não se trata de uma Matemática para explicar o mundo, mas o contrário, cria-se um mundo que se encaixa na Matemática.

Ao reduzir a Matemática a uma lógica “pura”, os logicistas buscavam estruturá-la a partir da aplicação do método axiomático, da manipulação de leis, princípios, regras e algoritmos, constituindo-se uma estrutura lógica artificializada, sem a preocupação com a historicidade dos conceitos matemáticos ou com sua relação com o mundo objetal.

Semelhantemente, a escola formalista criada por volta de 1910 por David Hilbert, advoga a tese de que a Matemática é, essencialmente, constituída pelas combinações dos sistemas simbólicos formais, onde seus signos são meros símbolos e suas proposições são apenas fórmulas derivadas das conexões feitas com estes símbolos. Ele buscou criar uma técnica visando a comprovação de que na matemática não havia contradições. Nesse sentido, ao reduzir a matemática a uma combinação de símbolos sem sentido, reforçava a ideia que não existem objetos matemáticos e, desta maneira, Hilbert conseguia esvaziar a matemática do próprio conteúdo concreto e social, o que não se coaduna com a história da própria matemática.

Na perspectiva dos formalistas permanece a preocupação de demonstrar a consistência da Matemática. Eles acreditavam na possibilidade de demonstrar que não havia contradições nos resultados matemáticos oriundos dos cálculos realizados a partir do método axiomático e finitista. É como provar que dentro do sistema lógico formal seria impossível, partindo de axiomas verdadeiros e seguindo as regras do cálculo axiomático, chegar a teoremas contraditórios. Isto é análogo a provar que não poderia haver erro no interior de um jogo se forem respeitadas suas regras (EVES, 2004). E mais, que o cálculo realizado através do conjunto de símbolos e regras matemáticas não podem gerar resultados contraditórios.

Todavia, Gödel, em 1931, conseguiu mostrar que é impossível provar a consistência da Matemática nos moldes dos Formalistas, em outras palavras, não é possível abarcar todo conhecimento matemático num sistema lógico formal. Ele

mostrou que no sistema de conceitos matemáticos existem os “indefiníveis” e a consistência desse sistema é um deles. O programa de Hilbert, baseados em processos finitistas, sucumbiu diante da persistência da dúvida quanto à completude dos sistemas matemáticos. A certeza científica da Matemática limita-se às relações internas do fenômeno em si, da relação dos dados no interior do próprio fenômeno, mas quando as relações se abrem para a fluência da totalidade, não existe nada exato.

Há sempre um erro na observação do mundo quântico, que se amplia à medida que aumenta o comprimento de onda emitida pelo observador ou pelos seus instrumentos. Não existe, portanto, nada “exato” na natureza. Nenhum resultado, nenhuma ciência, nem mesmo a Matemática são exatos. [...]. Os números são exatos em relação a si próprios, nas relações produzidas como eles e para eles. Nas relações entre a matemática e a totalidade universal não existe nenhuma exatidão (MOURA et al., 2016, p. 233).

Talvez, o equívoco dos logicistas e formalistas, acerca da Matemática, tenha sido apoiarem-se na visão idealista, intuicionista ou racionalista do ponto de vista epistemológico. Ao esvaziar a matemática de seus conteúdos concretos, também a esvaziaram de suas significações sociais, negaram sua historicidade e sobretudo, separaram o lógico do histórico, a forma do conteúdo, a relação do contingente e a própria matemática do mundo objetual.

Na perspectiva materialista, explicar o desenvolvimento lógico dos conceitos matemáticos, implica a realização de investigação do movimento Lógico-Histórico, considerando as condições originárias, os fundamentos, nexos, leis e as relações que os determinam como fenômenos no mundo objetivo, ou seja, busca-se revelar seu conteúdo social e cultural, diferentemente da lógica formal. Neste aspecto, Mundim (2002, p. 136), fala:

A lógica formal trata da relação entre as premissas e conclusão, deixando de importar-se com a verdade das premissas. À ela, interessa dar as regras do pensamento correto. Ela é um instrumento que vai permitir o caminhar rigoroso do filósofo ou do cientista. A correção ou incorreção lógica de um argumento só depende da relação entre premissas e conclusão, e independe da verdade das premissas.

Para a Teoria Histórico-Cultural a inseparabilidade do lógico do histórico é fundamental. Como assinalou Kopnin (1978), a unidade dialética do lógico e do histórico é o princípio metodológico fundamental para a construção de um sistema de conceitos e categorias de qualquer ciência, mas é, também, um meio eficaz para revelar a sua essência.

A partir da análise histórico-epistemológica, mediada pela investigação, baseada no movimento lógico-histórico de conceitos como meio para estabelecer as correlações da matemática em sua complexidade, historicidade e logicidade, os fenômenos matemáticos são transformados em fenômenos cognitivos, visto que os conceitos primitivos presentes na atividade prática são a base da lógica do pensamento, que se dirige em ascensão do abstrato ao concreto, do inferior ao superior, é anterior a qualquer processo lógico incluindo a matemática.

II - O Desenvolvimento Lógico-Histórico do Conceito de Medida: história e epistemologia

Desde os primórdios, as medidas vêm se desenvolvendo envolvidas por circunstâncias que determinaram o ritmo, as condições materiais, a forma e o conteúdo. Foi na trama das lutas sociais, das necessidades, dos interesses políticos, científicos e, principalmente, econômicos que as medidas se constituíram como conteúdo social. É justamente a compreensão desta trama que pode trazer luz sobre os processos lógicos de construção dos conhecimentos matemáticos, em particular, sobre o conceito de medida.

Particularmente, a explicação para origem das medidas encontrar-se no imbricamento das lendas, mitos e histórias fantásticas, quase sempre baseadas numa divindade. Todavia, independentemente de sua origem, as medidas contribuíram para a formação da consciência humana sobre o controle de ações e quantidades, bem como ao estabelecer padrões de comportamento ético e moral. Deste modo:

Se para alguns [as medidas] foram inventadas por Caim, seguramente haveremos de encontrar exemplos em que a procedência das medidas se relaciona com lendas mais positivas. Segundo a tradição grega, foram inventadas pelo sábio Fidón de

Argos, venerado por ele. Segundo os romanos, os fundamentos da medição de terras foram dados pela ninfa Vergoia, aparecida ao etrusco Aruns Veltimnus. Aqui vemos a procedência quase divinas das medidas (KULLA, 1980, p. 19).

Simbolicamente, a balança representou para alguns povos a justiça terrena, era a representação do Arcanjo Miguel no juízo final, “[...], por isso ela é admirada continuamente pelos fieis nas fachadas das catedrais góticas, atributo de Amón, encarnação da justiça.” (KULLA, 1980, 56). A medida certa simbolizava a honestidade e coisa sagrada, para os povos semitas.

Na tua bolsa não terás diversos pesos, um grande e um pequeno. Na tua casa não terás duas sortes de efa, um grande e um pequeno. Peso inteiro e justo terás. Efa inteiro e justo terás, para que se prolonguem os teus dias na terra, que te dará o Senhor teu Deus (BÍBLIA SAGRADA, 2004, Dt 25, 13-15, p. 280).

O efa era medida para líquidos, farinha, cevada, trigo e grãos torrados. Era o recipiente no qual a iniquidade, representada pela mulher, foi presa.

Na mitologia egípcia, Osíris presidia o tribunal que decidia o destino dos mortos no além-túmulo. Quem merece ou não seguir para junto do deus Rá (Sol)? Anúbis, um deus com cabeça de chacal, utilizava uma balança de dois pratos para pesar o coração do morto, tomando como contrapeso uma pena de avestruz. Se o peso do coração fosse inferior ao da pena, o morto poderia subir à barca de milhões de anos de Rá de Osíris, para atravessar a Tuat (lugar ruim) indo até ao território luminoso do deus Rá, onde seu espírito se uniria àquele deus, tornando-se também um astro. Porém se, o morto tivesse pecado, o prato da balança com a pena pesava mais, o morto era condenado a tornando-se um demônio.

Nos primórdios, a atividade da caça dependia da construção de armadilhas, de estratégias e de instrumentos. O homem do Paleolítico pôs-se a construir facas, machados e raspadeiras de rochas.

Próximo do ano 3000 a.C., surgiram as civilizações agrícolas, que produziam de forma rudimentar, na forma de lavoura intensiva. A formação de grupos sociais mais densos dava lugar a manifestações artístico-religiosas, incluindo a música e

a dança. Mas foi, sobretudo, o domínio de uma linguagem escrita que permitiu a produção e a transmissão da cultura, o que oportunizou a construção de uma identidade cada vez mais forte entre as diferentes civilizações.

Quando resultou impossível a vida baseada no extrativismo, o homem encontrou-se diante de muitas necessidades. Produzir alimentos foi a mais desafiadora. Logo que descobriu como plantar e produzir alimentos, notou que não precisava andar grandes distâncias para encontrá-los, o que favoreceu a expansão populacional. Assim:

O homem primitivo não precisava de um sistema de medida muito elaborado. Suas necessidades metrológicas certamente eram apenas para algumas indicações rústicas de posições, distâncias aproximadas e relações de grandezas como maior do que e mais pesado do que ou menor do que e mais leve do que. Entretanto, a partir do momento em que foi preciso cultivar a terra ou transferir os animais para pastagens mais férteis, houve também a necessidade de comunicar-se mais convenientemente em termos metrológicos e pode ter sido nesse momento que apareceram as primeiras unidades de medidas (SILVA, 2004, p. 38).

A agricultura propiciou também o surgimento de outras atividades paralelas, por exemplo, a do sacerdote, a do escriba e a do astrólogo, responsáveis por acompanhar e registrar os movimentos das águas que interferiam diretamente na atividade agrícola. A construção de canais de irrigação, por exemplo, contribuiu para que a produção de alimentos se tornasse mais eficiente. Além disso, a descoberta do metal permitiu substituir os arados de madeira. Assim, vão surgindo os artesões especializados em forjar o ferro e o bronze para produzir os instrumentos empregados na agricultura, os utensílios domésticos e as armas. No vale do rio Nilo, com suas cheias e vazantes, era propício à agricultura. Da mesma forma, os rios Tigre e Eufrates no Oriente Médio, o rio Amarelo, na China, e, ainda, o rio Indo, na Índia, alimentavam as populações que viviam em suas proximidades.

Os primeiros nômades, ao se tornarem sedentários, construíram as primeiras cidades por volta de 6500 a.C., às margens dos rios Tigre e Eufrates.

Por volta de 5000 a.C., às margens do rio Nilo, no Norte da África, formou-se a mais antiga civilização que se conhece. Após desenvolver a cerâmica, a metalurgia do cobre e a do bronze, foi possível ao homem criar e aperfeiçoar vários instrumentos de trabalho e armas. Aos egípcios e às civilizações mesopotâmicas dá-se o crédito pela invenção das técnicas de drenagem de áreas inundadas e de irrigação agrícola, pela organização do trabalho e pelas primeiras análises sobre o universo.

Na Grécia antiga, cada pólis possuía seu próprio sistema de medidas. Em situação de guerra, os vencedores sempre impuseram aos vencidos padrões de medida deles, ao contrário dos romanos, que, ao manterem sua política de conquistas territoriais durante a chamada “Pax Romana”, permitiram aos povos dominados continuar com seus próprios padrões e formas de medir, como estratégia para evitar possíveis levantes. Assim “onde se diz que há diferença nas leis para diferentes homens, é o mesmo que dizer: há diferentes medidas para os diferentes homens” (KULLA, 1980, p. 160).

Do século XVI ao século XVIII o comércio passou por profundas modificações causadas pelas ocupações da Europa no “Novo Mundo”, o que gerou não só um colapso nas antigas rotas comerciais relacionadas às cidades do mediterrâneo, mas também fortes mudanças sociais, grande desenvolvimento científico e alterações político-econômicas radicais. Tais transformações propiciaram o surgimento de novos empreendimentos, como a fabricação de barcos capazes de cruzar oceanos, a criação de bancos e empresas comerciais de alcance internacional e a realização de grandes viagens ultramarinas. Conseqüentemente, houve um progresso tecnológico com adoção de novos métodos de medir, novas escalas, novos padrões e novas ferramentas e instrumentos. A estrutura do Estado se fortaleceu e passou a ter o controle das medidas, definir regras, estabelecer sanções, confeccionar e guardar os padrões. Assim, foram criadas as casas de equilíbrio que existiram ao logo de toda a Idade Média até o início do século XIX.

Essas normas tinham como finalidade garantir a fidelidade dos métodos de medição e a inalterabilidade das medidas. Neste sentido, aos inspetores

cabia o papel de acompanhar, registrar e aferir as medidas. Tais procedimentos surgiram em decorrência dos conflitos entre senhores e vassalos e entre estes e o Estado, e alimentava a desconfiança dos comerciantes nas feiras livres (KULLA, 1980). Essa situação se aprofundou com o surgimento da burguesia nos séculos seguintes. Havia um cuidado para não provocar grandes prejuízos nos negócios, pois ao introduzir mudanças momentâneas nas medições, poderia abrir um vasto campo de fraudes. Apesar do regramento e da fiscalização, elas foram inevitáveis, produzindo conflitos e prejuízos. De fato, o período conhecido como “Era das Explorações” foi uma época de grandes transformações sociais. O comércio internacional se intensificou bastante, e os comerciantes europeus, após fortalecimento com os negócios na região da Ásia, começaram uma corrida em busca de novas rotas comerciais, ou seja, novos fornecedores e consumidores.

[...]. O comércio com o mundo árabe estimulou uma demanda crescente, entre europeus ricos, de bens de consumos asiáticos, como especiarias e tecidos finos. Essa demanda rapidamente se tornou demasiado grande para poder ser atendida pelas quantidades relativamente pequenas desses bens que os europeus poderiam obter de seus vizinhos muçulmanos (EVES, 2004, p. 337).

Não podemos esquecer que a expansão comercial foi favorecida pelo Renascimento e, pouco mais tarde, construir-se-ia arcabouço teórico que daria sustentação ao liberalismo, por propiciar mudanças sociais, políticas e econômicas consideráveis. Ao defender a propriedade privada (Jonh Locke, 1632-1704), os liberais puseram em proeminência o capitalismo como sistema econômico e estimularam a limitação dos poderes dos monarcas. Politicamente, as ideias liberais foram fonte de diversas revoluções burguesas tanto na Europa como na América, ampliando o espaço da burguesia nos negócios do Estado, na economia privada e na política.

Mas, os processos de medidas empíricas, aos poucos, transformaram-se em processos geométricos. Diversos documentos dos sécs. XVI e XVII revelam que as medições das terras feitas por agrimensores passaram a mesclar os conceitos da

geometria como as unidades empíricas antigas. Na metade do século XIX aumentou o interesse de mudar a forma de medição de grãos, antes realizada com base no volume de recipientes padrão. Passaria, então, a medição a ser pelo “peso”, mas “o costume de pesar cereais não foi imposta por decreto. Foi se generalizando aos poucos, muito lentamente, pressionado não pelo Estado, mas pelos comerciantes” (KULLA, 1980, p. 70).

Todavia, foi a atividade científica, a industrial e, principalmente, a comercial que mais contribuíram para as mudanças metrológicas, como consequência do surgimento do capitalismo que, por um lado, estimulou a expansão comercial e exerceu um papel fundamental na evolução das medidas, ao forjar a necessidade de obter as referências padronizadas para facilitar o controle do mercado, o transporte de mercadorias e, sobretudo os negócios internacionais. Por outro lado, facilitou a internacionalização comercial contribuindo com o processo de colonização, com o mercantilismo e com a industrialização, o que gerou grande interesse na unificação das medidas (DIAS, 1998).

Fazendo uma digressão, recordemos que por volta de 3500 a.C., os povos da Mesopotâmia realizavam suas observações e medições dos fenômenos da natureza buscando construir um calendário empírico. Há indicações que, nessa mesma época, os egípcios utilizavam balanças e possuíam seu próprio sistema de medidas. Ciência e mitos se confundiam.

Na era medieval, os dogmas religiosos eram mais fortes que os conhecimentos científicos, pois a religião exercia um controle excessivo sobre a população e ditava as normas gerais de comportamento. Foi sob a égide do poder eclesiástico que muitos cientistas sofreram perseguições. Nesse sentido, a ciência especulativa da escolástica procurou criar um meio termo entre razão e fé católica, mas perdeu força com o movimento renascentista, que rompeu com alguns entraves religiosos; trouxe à ciência moderna uma nova luz e incentivou o espírito investigativo. Criam-se métodos científicos que incluem observar, medir, experimentar e repetir, sob determinadas condições, para revelar as leis naturais e interpretadas nas leis matemáticas, bem como validá-las. Caraça (2016, p. 117), nos lembra que

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

Conseqüentemente, as medidas tornaram-se imprescindíveis nos estudos científicos. Assim, para a Ciência Moderna, os fenômenos naturais só poderiam ser entendidos por intermédio de leis quantitativas, deduzidas a partir da mensuração de seus componentes e expressos na linguagem matemática. Quanto a isto, Silva (2004, p. 25-27), diz:

As necessidades metrológicas da Física, da Química, das Ciências Naturais e da engenharia modernas exigem definições de unidades, normalizações, padrões muito mais elaborados do que os exigidos pelo comércio e pela produção. [...]. Atualmente a ciência e a tecnologia têm sido os principais responsáveis pelo aprimoramento da Metrologia.

A elaboração do sistema métrico decimal coube a uma comissão de cientistas da Academia Francesa de Ciências, que congregava pesquisadores, dos quais destacamos Lavoisier, Lagrange e Delambre. As organizações científicas de natureza diversa tinham de ser instituídas para dar conta da escala e da sofisticação crescente dos problemas metrológicos. Avanços científicos ocorridos nas áreas da eletricidade, da ótica, da mecânica e da metalurgia marcaram o surgimento de novas áreas no campo da Física. Os estudos teóricos desenvolvidos e os resultados das pesquisas experimentais realizadas em laboratórios geraram condições reais para redefinir-se o metro com maior precisão. A redefinição do metro, no século XX, foi feita com base em pressupostos científicos e tinha por finalidade criar condições para o surgimento de um Sistema Internacional de Unidades que pudesse representar medidas físicas.

Assim, em 1952, torna-se real o ideal renascentista ao ser estabelecido o Sistema Internacional de Unidades (SI), constituído de 7 unidades básicas e com a possibilidade de formar unidades derivadas a partir de combinações de medidas diferentes.

A barra de platina-irídio, que representava o metro como fração do meridiano terrestre, dá lugar a uma nova referência para o metro, que passa ser a extensão equivalente 1.650.763,73 comprimentos de onda no vácuo da radiação correspondente à transição dos níveis 2p6 e 5d5 do átomo de criptônio 86. (Silva, 2004). Esta definição trouxe mais precisão. Todavia, ela não era suficientemente precisa para todos os propósitos da ciência, levando a uma redefinição do SI. e o metro passou a ser definido como o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ de segundo. [...].

Por fim, as reticências, pois a história não sofre cortes e não apresenta vácuo, que, sob circunstâncias, ritmo, e condições objetivas diferentes, sempre responderá às tensões das lutas sociais, dos interesses científicos, políticas e econômicos, transformando-se enquanto conteúdo social e cultural.

III - Considerações finais

É importante realçar que a análise epistemológica a partir do estudo do movimento lógico-histórico do conceito de medida tem o condão de elucidar o processo de desenvolvimento deste conceito, ao evidenciar alguns os momentos de acumulação quando se reuniram as condições objetivas, sejam políticas, econômicas ou científicas que possibilitaram uma nova mudança qualitativa no conceito.

Os resultados deste estudo indicam que a lógica matemática resulta da lógica do pensamento, engloba a lógica formal e a supera, à medida que considera o conteúdo cultural e social dos conceitos matemáticos, as condições originárias deles, os seus fundamentos, seus nexos, leis e relações que os determinam como fenômenos no mundo concreto.

O estudo também se alinha à tese de Kopnin (1978), segundo a qual a lógica fundamental do pensamento se dirige em ascensão do simples ao concreto, do inferior ao superior e reflete as leis que determinam o desenvolvimento do conceito no mundo objetivo. Finalmente, as análises histórico-epistemológicas, a partir do movimento Lógico-Histórico nos trouxe

informações interessantes sobre o desenvolvimento do conhecimento matemático dentro da cultura humana, demonstrando que conhecimento matemática não é meramente concomitante com o desenvolvimento do seu ambiente cultural, ele é definido pela cultura e a ela integrado.

La lógica del pensamiento y la lógica matemática: un análisis epistemológico basado en el estudio del movimiento lógico histórico del concepto de medida

RESUMEN

El objetivo de este artículo es discutir el problema de la consistencia de las matemáticas en el contexto de la lógica formal y su relación con la lógica del pensamiento, relacionándolo con el desarrollo Lógico-Histórico del concepto de medida como una forma de materializar la tesis según la cual la lógica de las matemáticas, como lógica del pensamiento, no sólo abarca la lógica formal, sino que la supera, al considerar el contenido cultural y social de los conceptos matemáticos y sus condiciones originales, que los llevaron al mundo concreto, lo cual es indispensable para una investigación basada en el movimiento Lógico-Histórico. La metodología consistió en una revisión bibliográfica, a partir de la cual fue posible realizar un análisis histórico-epistemológico, relacionando la lógica matemática, la lógica formal en el contexto de la lógica del pensamiento para elaborar una síntesis histórica que abarca el origen, los fundamentos matemáticos y el contenido social que subyace al concepto de medida, buscando elementos epistemológicos que permitan dilucidar el proceso de construcción de las medidas. En general, los resultados apoyan la tesis principal defendida en este artículo. También corroboran la tesis de Koppin (1978) de que la lógica fundamental del pensamiento asciende de lo simple a lo concreto, de lo inferior a lo superior, reflejando las leyes que determinan el desarrollo del concepto en el mundo objetivo.

Palabras clave: Concepto de Medidas; Lógico-histórica; Epistemología de las Matemáticas; Lógica del pensamiento; Lógica Matemática.

IV- Referências

BÍBLIA. Português: *Bíblia Sagrada*. Tradução de João Ferreira de Almeida, Revista e Atualizada. Barueri. Sociedade Bíblica do Brasil, 2015. 1600p.

CARAÇA, B. de J. *Conceitos fundamentais de Matemática*. Lisboa: Gradiva, 2016.

DIAS, J. L. de M. *Medidas, Normalização e Qualidade: aspectos da história da metrologia no Brasil*. Rio de Janeiro: Ilustrações, 1998.

EVES, H. *Introdução à história da matemática*. Campinas: Unicamp, 2004.

KOPPIN, P. V. *Logica dialectica*. México: Editorial Grijalbo, 1978.

KULLA, W. *Las medidas e los hombres*. Madrid: Siglo Veintiuno España Editores S.A, 1980.

MOURA, M. O. de; [et al]. *Educar com a Matemática: fundamentos*. São Paulo: Cortez. 2016.

MUNDIM, R. P. *A Lógica Formal: princípios elementares*. Economia. & gestão, v. 2, n. 3, 135-145, 2002. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/view/113/104>. Acesso em: 15 abril 2024.

RUBINSTEIN, S. L. *El desarrollo de la psicología: principio y método*. Habana: Editorial Pueblo e ducación, 1979.

SILVA, I. da. *História dos pesos e medidas*. São Carlos: EdUFSCar, 2004.

VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. São Paulo: Martins Fortes; 1998.

Recebido em março de 2024

Aprovado em março de 2024