doispontos:
Revista dos Departamentos de Filosofia da Universidade Federal do Paraná e da Universidade Federal de São Carlos

Causalidade e matemática no início da Modernidade

Causality and mathematics at the beginning of Modernity

Douglas Lisboa Santos de Jesus
douglas.lisboasj@gmail.com
Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Filosofia da UFBA

Resumo: As conexões entre lógica e matemática datam do Helenismo tardio, quando Proclo e Filopono sugeriram que as demonstrações de Euclides seriam compatíveis com os requisitos lógicos e epistêmicos dos *Segundos analíticos*. Quer isso dizer, primariamente, que as demonstrações euclidianas seriam causais e poderiam ser tratadas silogisticamente. Esta tese, porém, só passou a ser testada a partir do séc. XVI, quando os textos daqueles autores chegam à Europa. Este artigo chama atenção para a maneira como desafios impostos à natureza causal das demonstrações geométricas no início da Modernidade ajudam a compreender os esforços de autores como Cristóvão Clávio e Isaac Barrow em mostrar a adequação de Euclides a Aristóteles. Ver-se-á que a defesa da superioridade epistêmica das demonstrações matemáticas, nestes autores, resultou numa transformação da estrutura das demonstrações euclidianas e, no caso específico de Barrow, na rejeição do conceito de causa eficiente.

Palavras-chave: Causalidade; Demonstrações; *Elementos*; Modernidade; Cristóvão Clávio; Isaac Barrow.

Abstract: The connections between logic and mathematics date back to Late Hellenism, when Proclus and Philoponus suggested that the Euclid's demonstrations would be compatible with the logical and epistemic requirements of the *Posterior Analytics*. That is to say, primarily, that Euclidean demonstrations are causal and can be treated syllogistically. This thesis, however, only came to be tested from the sixteenth century onwards, when the texts of these authors arrive in Europe. This article draws attention to the way in which challenges imposed on the causal nature of geometric demonstrations in Early Modernity helps to understand the efforts of authors such as Christopher Clavius and Isaac Barrow to show the adequacy of Euclides to Aristotle. It will be shown that the defense of the epistemic superiority of the mathematical demonstrations in these authors resulted in a transformation of the structure of the Euclidean demonstrations and, in the specific case of Barrow, in the rejection of the concept of efficient cause.

Keywords: Causality; Demonstrations; *Elements*; Modernity; Christopher Clavius; Isaac Barrow.

1. Introdução

Ao longo dos séculos XIX e XX difundiu-se a crença, ainda hoje respaldada pela literatura, de que a lógica e as matemáticas estão intimamente ligadas, de tal maneira que não menos de uma vez se propôs que o sucesso dos *Elementos* de Euclides, dentre as obras já consagradas pela história, deve-se unicamente à estrutura lógica das demonstrações ali dispostas; estrutura esta que se mostraria doravante num encadeamento de fórmulas bem formadas. É sabido que este estado de coisas decorre, em grande medida, da conjunção de dois eventos: o desenvolvimento da lógica simbólica e as disputas em torno da fundamentação do conhecimento matemático. Seguiu-se daí a definição *standard* de demonstração, a saber, uma sequência de fórmulas onde cada uma delas, ou bem é um axioma ou bem segue-se da aplicação duma regra de inferência.

A questão é bem diferente quando se trata de examinar o desenvolvimento da matemática em geral, e dos *Elementos* em particular. Thomas L. Heath, na tradução inglesa do texto euclidiano, procura explicar os princípios de Euclides, bem como suas demonstrações, dentro da tradição filosófica iniciada por Platão e Aristóteles. Essa alegada linha de continuidade, bem como a emergência da lógica contemporânea, serviu-lhe de justificativa para censurar Euclides nas ocasiões em que supostamente deixa "lacunas" em seus argumentos, destoando, pois, da doutrina aristotélica de ciência demonstrativa (HEATH, 1908, vol. 1, pp. 241-243). Em *The Development of Logic*, Martha Kneale & William Kneale seguem caminho parecido ao insinuarem que lógica e matemática (leia-se geometria) eram irmãs desde a Grécia clássica e só se apartaram a partir do Renascimento (KNEALE & KNEALE, 1962, p. 308). Menção especial a Oswaldo Porchat Pereira, em cujo livro *Ciência e dialética em Aristóteles* é possível encontrar a alegação mais otimista: a de que Euclides teria se inspirado nos *Segundos analíticos* ao compor os *Elementos* (PORCHAT PEREIRA, 2001, p. 60; vide p. 235, n. 109; p. 243, n. 175).

Não é injustificável propor aproximações entre Euclides e Aristóteles. Apesar da distância de algumas décadas entre eles, supondo-se corretas as informações relativas a ambos, o geômetra surgiu num contexto intelectual que não poderia negligenciar a influência exercida pela Academia e pelo Liceu, de modo que, de um lado, a composição dos *Elementos* num tratado dedutivo a partir de primeiros princípios (definições, postulados e noções comuns) torna lícito especular sobre as alegadas motivações filosóficas de seu autor, ao passo que, do outro lado, sendo esta a obra matemática grega mais antiga a chegar completa aos dias de hoje, é quase inevitável se projetar ali as categorias analíticas de Platão ou Aristóteles. As primeiras tentativas de tornar compatíveis Euclides e Aristóteles encontram-se no *Comentário ao Livro I dos Elementos* do neoplatônico Proclo e no *Comentário aos Segundos analíticos* de João Filopono. É preciso que se note, porém, que tanto Proclo quanto Filopono viveram aproximadamente 800 anos de distância de suas fontes primárias, e que seus respectivos comentários, longe de apresentarem um relato historiográfico fidedigno, devem ser lidos como esforços intelectuais genuínos de abarcar conceitualmente os *Elementos* num modelo de conhecimento.

No caminho inverso aos de Heath e Kneale & Kneale, Ian Mueller argumentou que é no mínimo problemática a tese acerca dum desenvolvimento conjunto entre a lógica e a matemática na Antiguidade, quer seja no sentido de se colocar a primeira como uma ferramenta analítica da segunda, quer seja no sentido de propor a segunda como a expressão acabada da primeira. A fim de justificar sua objeção, Mueller i) aponta para o fato de a estrutura típica das demonstrações euclidianas não indicar interesse algum de seu autor em torná-las sequências silogísticas; ii) lembra que Aristóteles não fez uso de paradigmas matemáticos para ilustrar a teoria do silogismo nos *Primeiros analíticos* e, quando fala da matemática ali, a passagem não guarda uma aproximação significativa com a silogística; iii) menciona que nem Eudemo de Rodes, que fora aluno de Aristóteles e teria escrito um livro sobre a história da matemática grega, nem Alexandre de Afrodísias, do lado dos peripatéticos, tampouco Crísipo de Solos, dentre os estóicos, tentaram expor argumentos matemáticos sob uma perspectiva estritamente lógica (MUELLER, 1974, pp. 37-48, 48-50, 54-57). A tese esposada por Mueller, caso mostre-se verdadeira, poderia suscitar um novo olhar sobre os possíveis impactos da lógica aristotélica no ambiente intelectual onde brotou, bem como algumas perguntas relativas à geometria antiga. Pode-se perguntar, por exemplo, se é cabível supor a existência de algum mecanismo argumentativo ou teoria que tenha influenciado o desenvolvimento das demonstrações geométricas na Grécia. A resposta de Mueller a este respeito não é definitiva, mas permite conjecturar um desenvolvimento independente de ambos os tipos de argumentos.

Mueller, contudo, parece tratar como uma questão secundária as associações entre lógica e geometria feitas por Proclo e Filopono no Helenismo tardio e como isso afetaria a recepção dos textos de Aristóteles e Euclides. Isso porque enquanto Proclo tentou explicar a estratégia argumentativa de Euclides a partir de Aristóteles (mas, não somente), Filopono utilizou os *Elementos* para exemplificar as teses contidas nos *Segundos analíticos*, de maneira que ambos os intérpretes chegaram às mesmas conclusões: *algumas* demonstrações de Euclides são passíveis dum tratamento silogístico e dão o conhecimento das causas. Quando, então, os textos de Proclo e Filopono chegaram à Europa no final do séc. XV, os intelectuais da época acabariam por justificar, a partir destes, duas teses antagônicas: de um lado os que entendiam serem incompatíveis a demonstração causal e o raciocínio matemático; do outro, os que insistiam em dizer que os argumentos de Euclides eram causais. Estas disputas formam parte do debate conhecido como *Quaestio de certitudine mathematicarum*, que foi estudado por Paolo Mancosu em *Philosophy of Mathematics and Mathematical Practice in the Seventeenth Century*.

Os principais episódios e personagens envolvidos na *Quaestio* são bem conhecidos e foram estudados por Mancosu, de modo que não se pretende recapitular os mesmos eventos. Em vez disto, este artigo tenta mostrar que as ideias de Proclo têm uma importância maior do que Mancosu reconheceu, uma vez que é ao seu texto que Alessandro Piccolomini, responsável por reavivar a polêmica, recorreu para exibir uma autoridade antiga que não reconhecia o caráter causal das demonstrações euclidianas. É também Proclo quem serve de referência para os dois mais importantes adversários da tese de Piccolomini: Cristóvão Clávio e Isaac Barrow.

O argumento deste artigo encontra-se distribuído em três seções principais. A seção 2, logo abaixo, expõe a conexão entre o conceito de causalidade e as demonstrações euclidianas mediante a recepção de Aristóteles e Proclo por Piccolomini. A seção 3 mostra como a reação de Cristóvão Clávio às teses de Piccolomini esteve inserida num contexto mais amplo de disputa sobre o lugar das matemáticas no currículo pedagógico da Sociedade de Jesus. A seção 4 traz a resposta de Isaac Barrow, que, embora tenha se envolvido tardiamente na disputa, foi responsável por inverter o desafio inicialmente proposto por Piccolomini ao rejeitar o conceito de causa eficiente.

2. Conhecimento das causas e o paradigma euclidiano

Na Europa, o *Comentário* de Proclo foi publicado pela primeira vez 1533. Naquela ocasião, Simon Grynaeus achou por bem anexá-lo à *editio princeps* dos *Elementos* que havia preparado, indicando com isso que Proclo seria uma chave de leitura mais confiável do que os árabes. Esta predileção, respeitante ao texto de Euclides, é nítida na maioria dos prefácios aos *Elementos* preparados desde então. Neste particular, é necessário que se aponte para três componentes inovadores no texto de Proclo, desde a perspectiva do séc. XVI: i) as discussões sobre os critérios de admissibilidade de princípios matemáticos; ii) um relato cronológico do desenvolvimento da matemática grega, embora de segunda mão; iii) as conexões entre as demonstrações de Euclides e os *Segundos analíticos*, que embora fossem sugeridas na Idade Média, não eram endossadas por uma autoridade de posição privilegiada, como no caso de Proclo, que viveu na Antiguidade. É esse último ponto que interessa aqui.

Em 1547, Alessandro Piccolomini publica *In Mechanicas Quaestiones Aristotelis*, um comentário ao texto *Questões mecânicas* que à época se supunha ter sido escrito pelo próprio Aristóteles. Anexado ao comentário apareceu o breve tratado (algo em torno de 100 páginas) *Commentarium de certitudine mathematicarum disciplinarum*. Piccolomini se propôs a provar ali duas teses, uma destrutiva e a outra, construtiva. A tese destrutiva procura mostrar, contra Averróis e seus simpatizantes latinos, alvos preferenciais de Piccolomini, que as demonstrações matemáticas em geral e as de Euclides em particular não poderiam ser encaixadas na classificação aristotélica extraída dos *Segundos analíticos*. (Uma vez que não se pretende contrapor os argumentos de Piccolomini aos do averroísmo latino, dar-se-á preferência às conclusões extraídas por Piccolomini do que este assumia ser uma posição averroísta.) A tese construtiva, todavia, pretendia preservar a leitura positiva sobre a possibilidade de haver certeza nas matemáticas. Em outras palavras, Piccolomini argumentou que as demonstrações matemáticas atingem o mais alto nível de conhecimento, muito embora o façam ao largo da concepção supostamente aristotélica de demonstração causal. E o principal indício de que o averroísmo latino estaria errado neste ponto, nota Piccolomini, é que Proclo defendera exatamente o oposto (PICCOLOMINI, 1547, p. 72r).

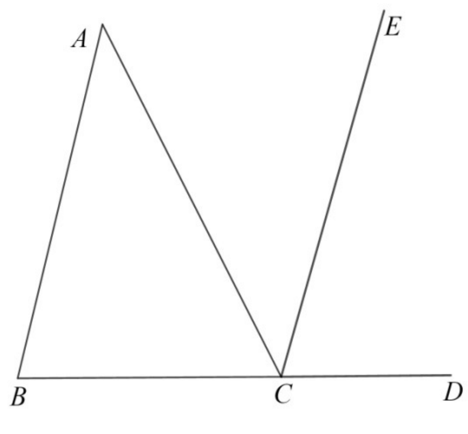
Ao longo do Livro I dos *Segundos analíticos*, Aristóteles procurou mostrar que o conhecimento científico engendrado pela ciência demonstrativa parte de primeiros princípios e procede discursivamente através duma estrutura dedutiva chamada demonstração ou silogismo científico. Aristóteles acrescentou a isso que ter conhecimento científico é conhecer as causas. Portanto, uma demonstração, ou silogismo científico, segundo a terminologia aristotélica, é o raciocínio por meio do qual se obtém conhecimento das causas. No âmbito de uma mesma disciplina, isso ocorre de dois modos: o conhecimento *do quê* é (τὸ ὅτι ἐπίστασθαι, *tò óti epistasthai*) e o conhecimento do *porquê* (τὸ διότι ἐπίστασθαι, *tò dióti epistasthai*). Essa nova divisão corresponde a tipos de raciocínio demonstrativo, conhecidos desde a Idade Média nas fórmulas latinas *demonstratio quia* e *demonstratio propter quid*. A *demonstratio quia*, mediante a qual se obtém conhecimento do que é, ou seja, daquilo que é o caso, é a inferência da causa oculta *a partir* de seu efeito mais próximo e conhecido. A *demonstratio propter quid*, por meio da qual se chega ao conhecimento do porquê, vai na direção inversa do raciocínio acima, *i.e.*, parte das causas para chegar a seus efeitos. A estas duas categorias somou-se uma terceira, a *demonstratio potissima*, que, embora não seja mencionada explicitamente por Aristóteles no contexto sob análise, fora estudada também entre os medievais. Nestas, emenda Piccolomini, ter-se-ia, supostamente, conhecimento do que é e do porquê simultaneamente, sendo a geometria o caso paradigmático (PICCOLOMINI, 1547, p. 72v).

Tanto Proclo como Filopono tentaram encaixar as demonstrações euclidianas naquelas categorias. Mas, embora Proclo tenha sido um dos primeiros intérpretes a propor uma linha de continuidade traçada entre Aristóteles e Euclides, sua defesa da adequação dos argumentos deste último aos ditames do primeiro mostra-se ambígua e até mesmo hesitante. No Prólogo II do *Comentário ao Livro I dos Elementos*, Proclo tenta reforçar a importância filosófica da geometria euclidiana ao lembrar que seu autor, Euclides, incluíra ali raciocínios de todos os tipos (συλλογισμῶν τρόπους παντοῖος, *syllogismō ̂n trópous pantoîos*): alguns a partir das causas (ἀπὸ τῶν αἰτίων, *apò tō ̂n aitíōn*), outros, a partir de evidências conclusivas (ἀπὸ τεχμηρίων, *apò techmēríōn*); todos, porém, de inquestionável exatidão e apropriados à ciência (PROCLO, 1873, p. 69.8-10). A origem aristotélica da terminologia empregada se revela em seguida, quando Proclo diz que o discurso geométrico faz investigações concernentes *ao que é*, porque considera as propriedades essenciais das linhas, triângulos, círculos, etc.; mas também forma parte da agenda investigativa do geômetra perguntar pelo porquê (PROCLO, 1873, p. 202).

O que não fica claro no comentário de Proclo é o contexto a partir do qual foi extraído o conceito de demonstração por evidências conclusivas (*apò techmēríōn*). Aristóteles trata deste conceito em pelo menos duas ocasiões: nos *Primeiros analíticos* (II, 27, 70b) e na *Retórica* (I, 2, 1357b4; II, 25, 1402b19); mas, em nenhuma delas é a ciência demonstrativa o tema principal, tampouco há conexões claras com as matemáticas. Talvez se possa levar em consideração o que Filopono declarou sobre o mesmo assunto, haja vista a maneira como busca estabelecer diálogos com Proclo, que o precedeu. De acordo com Filopono, no comentário à passagem 78a22 dos *Segundos analíticos*, uma demonstração a partir de evidências conclusivas nada mais seria do que uma demonstração *quia*, *i.e.*, a dedução da causa a partir do seu efeito mais conhecido (FILOPONO, 1909, p. 168.23-25). Sendo assim, o que Filopono tem em mente nesta passagem — o mesmo valendo para Proclo, sob as circunstâncias interpretativas aqui estabelecidas — é a *Retórica*, onde Aristóteles usa como exemplo o fato de se poder deduzir que uma mulher deu à luz recentemente por estar lactante. Ora, não é a lactância a causa de uma mulher haver dado à luz, mas o exato oposto.

Se, portanto, a demonstração matemática parte da causa para os efeitos e pode seguir no caminho inverso, a partir dos efeitos para as causas, tomando-se aqueles como evidência para estas, então o conceito de *demonstratio potissima* já poderia encontrar sua formulação embrionária tanto em Proclo quanto em Filopono. Mas isso não é suficiente para mostrar que toda demonstração matemática é causal neste sentido. E é esta a brecha argumentativa que seria usada por Piccolomini. Para que se compreenda melhor as objeções extraídas por Piccolomini, tome-se como exemplo a demonstração do teorema 32 do Livro I dos *Elementos*, a qual tem por finalidade mostrar que os ângulos internos de todo triângulo são iguais a dois retos. Eis como Euclides procede. Do triângulo *ABC* dado, um de seus lados, o *BC*, é prolongado mediante o Postulado 2 até *CD*, formando então o ângulo externo *ACD*. A partir daqui demonstra-se, depois de ter sido erguida a paralela *CE* (teorema 31), que os ângulos alternos *BAC* e *ACE* são iguais, o mesmo valendo para os *ABC* e *ECD*, que são opostos. Juntando-se, pois, os *BAC* e *ABC* ao *ACB*, ver-se-á que são iguais ao *ACD* junto ao *ACB*. E como a linha reta *EC*, após ter sido erguida sobre a *BD*, fez seus ângulos adjacentes iguais, segue-se que estes ou são dois ângulos retos, ou são iguais a dois retos; portanto, os ângulos do triângulo *ABC*, tomados conjuntamente, são iguais a dois retos.

O que Proclo chamou de evidência conclusiva é a prolongação *CD*. Eis uma explicação de seu raciocínio. A causa da igualdade dos ângulos alternos *BAC* e *ACE* é o enunciado I.27, já demonstrado: *caso uma reta, caindo sobre duas retas, faça ângulos alternos iguais entre si, as retas serão paralelas*. Esse teorema dá também a causa da igualdade entre os *ABC* e *ECD*. Indo à demonstração I.27, ver-se-á que ali o argumento depende



fundamentalmente das definições de "ângulo" e "linhas paralelas". O mesmo não acontece, porém, com o ângulo *ACD*, que não resulta de definição alguma, mas do uso do Postulado 2. Portanto, conclui Proclo, algumas vezes os argumentos matemáticos, como os de Euclides, têm de fato as propriedades duma demonstração em sentido aristotélico ao estabelecerem o que é buscado por meio de definições como termos médios; às vezes, porém, tenta-se demonstrar um teorema por meio de evidências conclusivas, de maneira que "(...) [e]mbora as proposições geométricas sempre derivem sua necessidade a partir da matéria sob investigação, *nem sempre alcançam seus resultados através de meios demonstrativos"* (PROCLO, 1873, p. 206).

Como pode esta demonstração não ser científica se, como ficou dito, uma demonstração por evidências conclusivas também ser causal? A explicação de Proclo não se encontra em parte alguma do comentário, embora se possa conjecturar que ele tinha em mente os *Segundos analíticos* 75b5-12, onde Aristóteles argumenta ser possível haver uma demonstração do que é ou do porquê atendo-se apenas à posição do termo médio. Todavia, Aristóteles esclarece ali também que, se não é possível alternar a posição do termo médio, então só pode haver uma demonstração do que é, mas não do porquê; sendo assim, a sentença de Proclo poderia estar associada com o fato de Euclides não mostrar que o porquê é do ângulo *ACD* decorre da igualdade dos ângulos internos do triângulo *ABC*.

O argumento de Piccolomini segue uma rotina parecida e, em última instância, pretende chegar às mesmas conclusões de Proclo. Piccolomini argumenta, com efeito, que, dos quatro gêneros de causa, a matemática seguramente não é compatível nem com a eficiente nem com a final. Em relação à primeira, isso seria manifesto na própria natureza da disciplina, que não admite movimento, sequer metaforicamente (*de efficiente nullus dubitat, cum Mathematicus non consyderet motum nisi metaphoricum*), e a causa eficiente é, alegadamente, a transferência do movimento da causa para o seu efeito. Que não se possa admitir a causa final, diz Piccolomini, prova-o Aristóteles, o que se mostraria suficiente para apontar, por cima disso, que embora seja possível tratar como sinônimos "o bem de alguma coisa" e "o fim de alguma coisa", não se segue daí que a geometria procede a partir da causa final por ser um bem respeitante ao conhecimento proporcionado, porque o bem aí considerado é algo externo à disciplina. Em relação à causa material, notar-se-á, mais uma vez segundo as autoridades, que a geometria lida unicamente com a matéria *inteligível* e esta, identificada aqui com a quantidade em geral, é posta na imaginação (*quantitas ipsa est, in phantasia collocata*) (PICCOLOMINI, 1547, pp. 102v-103r).

Restava, portanto, a causa formal. E em relação a esta, observa Piccolomini, a tradição averroísta parece unânime em identificá-la com o raciocínio matemático. Mas, se este fosse o caso, o termo médio numa demonstração matemática haveria de ser a definição de uma propriedade ou do objeto. Como se viu, essa era uma exigência importante na passagem de Proclo. Isso, contudo, não é compatível com o raciocínio dos matemáticos; de fato, acrescenta Piccolomini,

> (...) tomando todos os teoremas de Euclides, Teodósio, Arquimedes, entre outros exemplos, caso seja examinado com cuidado o já mil vezes referido teorema 32 do Livro I dos *Elementos*, se reconhecerá que o ângulo externo, aí posto como meio para provar uma propriedade do triângulo, que é a de ter três [ângulos iguais a dois retos], não é a definição nem do triângulo (como é evidente), nem da propriedade. Tanto o triângulo em si mesmo, como o ter três [ângulos iguais a dois retos], não carecem do ângulo externo para a sua definição, uma vez que, ainda que este não exista, continua a ser triângulo e a ter três [ângulos ângulos iguais a dois retos] (PICCOLOMINI, 1547, p. 104r)[1].

Sendo assim, deve-se concluir que as matemáticas não demonstram a partir da *demonstratio potissima*. Mas não somente. O argumento arrolado por Piccolomini, embora tenha pretendido atingir aquela categoria já problemática, acertou também os dois outros gêneros de demonstração causal. O que talvez Piccolomini não tenha percebido à época é como seus argumentos ajudaram, direta ou indiretamente, a minar a concepção aristotélica de ciência, muito embora seja nítido que o objetivo era resgatar o que ele acreditava ser a interpretação mais fiel de Aristóteles. Que se note, porém, que Piccolomini insitiu em

[1] "(...) inducendo per omnia Theoremata Euclidis, Theodosii, Archimedis, & aliorum. exempli gratia, si Theorema millies allegatum.32.primi Elem. perpendatur, cognoscetur quod angulus extrinsecus, qui ponitur ibi medium, ad declarandam passionem, quae est habere tres, de triangulo, non est diffinitio, neque trianguli (vt patet) nec passionis, tam enim triangulus quam habere tres, non indiget in sui diffinitione angulo extrinseco. quo non existente, etiam est triangulus, & habet tres".

dizer, muitas vezes, aliás, que às matemáticas corresponde o mais alto nível de conhecimento; mas isso se segue da natureza de seu objeto, como Proclo, mais uma vez, serviria de exemplo.

Ao negar que qualquer uma das quatro causas fizesse parte do raciocínio matemático Piccolomini deixou de responder como poderia ser a geometria uma ciência, afinal. E é aqui onde surgem as primeiras reações às suas teses.

3. Cristóvão Clávio e a defesa das matemáticas

Nota-se no início da Modernidade uma abundância de versões dos *Elementos*, o que se explica pela disponibilidade de manuscritos gregos, vindos do Oriente Médio, somados a outras traduções feitas durante o Medievo a partir de manuscritos árabes que chegaram pela Península Ibérica. Todavia, ao se consultar o volumoso livro *Saggio di una bibliografia euclidea*, de Pietro Riccardi, ou o *Prolegomena critica* de Heiberg (*Euclidis Opera omnia*, vol. V, 1888, XCVIII-CXIII), nota-se que cada novo Euclides que saía do prelo era muito diferente do seu antecessor.

Uma explicação para isso, proposta por Vincenzo de Risi (ver DE RISI, 2016), é que entre os séculos XVI e XVII as intervenções no texto euclidiano pretenderam "corrigir" os "abusos" dos comentadores (árabes e medievais, sobretudo) ou "erros" do próprio Euclides. Em alguns casos, falava-se na "restituição" de Euclides (*Euclide restituto*) a um certo padrão de rigor demonstrativo. Um exemplo do que poderia ser qualificado como abuso era a crença difundida desde a Idade Média de que Euclides não fora o responsável por demonstrar os enunciados presentes nos *Elementos*, mas sim Téon de Alexandria. Numa variação do mesmo conto, desta vez a partir do jesuíta Bernard Lamy, Proclo era quem aparecia como o responsável pelas demonstrações de Euclides! Assim sendo, os tradutores modernos que compartilhavam dessa opinião (que não era majoritária, porém) passaram a atribuir a Téon as supostas imperfeições no texto; ou então simplesmente ignoravam as demonstrações, preservando apenas os princípios.

Convém lembrar, a propósito de contribuir com as observações feitas por De Risi, que os *Elementos* servira como introito às disciplinas matemáticas mais avançadas durante a maior parte do período sob análise. Percebe-se a importância de adaptar Euclides ao perfil pedagógico em curso no jesuíta francês Claude-François Milliet Dechales, cuja tradução dos *Elementos*, de 1660, tinha como finalidade explicar Euclides "*d'une maniere nouvelle & tres-facile*". No prefácio da referida edição, Dechales diz que muitos são aqueles que não compreendem a utilidade das proposições enunciadas por Euclides em função da dificuldade que encontram em acompanhar o texto, razão pela qual Dechales, em suas próprias palavras, sentiu-se obrigado a dar uma nova exposição ao texto, entendendo-se por isso provas mais curtas e supostamente mais claras. Mais adiante, no Livro V, dedicado à teoria das proporções, Dechales passa a falar da necessidade em corrigir as definições de Euclides concernentes à proporcionalidade entre razões, coisa que, mais uma vez, ficaria sob a responsabilidade do tradutor. Não se deve estranhar, portanto, que as teses de Piccolomini tenham tido um impacto maior na Companhia de Jesus. Neste contexto, o matemático Cristóvão Clávio colocar-se-ia ao lado das matemáticas, reivindicando para estas o estatuto científico que lhe parecia próximo da doutrina aristotélica.

Para Clávio, o desafio posto por Piccolomini sobre a natureza causal das demonstrações matemáticas tinha um peso extra, pois poderia desafiar a posição da geometria dentro do currículo jesuíta. Sabe-se que Clávio atuou diretamente pela inclusão de Euclides (junto com Teodósio e Sacrobosco) na *Ratio Studiorum*, a principal referência da organização curricular dos saberes na Sociedade de Jesus. A disputa sobre a certeza matemática parece revelar também, incidentalmente, o clima intelectual no Colégio Romano, onde Clávio lecionava, pois a influência relativa do padre jesuíta diminuiu a cada novo rascunho da *Ratio*: da explícita recomendação de sua tradução dos *Elementos*, no texto de 1586, até a completa omissão a seu nome, na versão definitiva de 1599 (Ver ROMMEVAUX, 2005, capítulo 1).

Clávio se manifesta sobre a *Quaestio*, ainda que indiretamente, em *In disciplinas mathematicas prolegomena,* texto com o qual prefaciou sua então edição dos *Elementos* presente na *Opera Mathematica* de 1612. Muito do que vai ali reflete, primeiramente, uma adesão às autoridades de Platão e Aristóteles, especialmente. Sem mencionar, todavia, as teses de Piccolomini, Clávio inicia afirmando que a geometria é uma ciência, quer seja na maneira mesma como o conhecimento é organizado, *i.e,* partindo-se de princípios primeiros, quer seja na maneira como se raciocina (*modum rationemque*) para se chegar às conclusões (CLÁVIO, 1612, p. 3). E um pouco mais adiante, ainda nos *Prolegomena*, diz Clávio:

> Mas, se a dignidade e a excelência de uma ciência devem ser julgadas pela certeza das demonstrações que usa, sem dúvida as ciências matemáticas terão o primeiro lugar entre todas as outras. De fato, elas demonstram tudo o que analisam mediante raciocínios sólidos e estabelecem isso de tal maneira que despertam conhecimento genuíno na mente do aluno e não deixam absolutamente nenhuma dúvida. É difícil concordar com outras ciências, já que, muitas vezes, o intelecto não resolvido e indeciso sente-se envergonhado por uma infinidade de opiniões e uma variedade de opiniões no julgamento da verdade das conclusões[2].

Como se nota, Clávio não pretendia apenas resgatar uma visão positiva sobre a certeza matemática, como também almejava restabelecer uma hierarquia supostamente aristotélica das ciências subalternas e superiores por meio da pureza de suas respectivas demonstrações. (Como se verá logo mais, o contra-ataque de Barrow também baseou-se na superioridade das demonstrações matemáticas em relação aos outros gêneros.) Clávio ainda lembra ao leitor, na sequência, que é nas matemáticas e não nas ciências naturais que se pode encontrar um ideal de estabilidade epistêmica. Diz ele: "De fato, os teoremas de Euclides e de todos os outros matemáticos preservam hoje nas escolas, e depois de muitos anos, a mesma pureza da verdade, a mesma certeza das coisas, a mesma força e firmeza das demonstrações"[3]. Ou seja: sem o reconhecimento do caráter científico do saber matemático não haveria como explicar de que maneira Euclides alcançou tamanho êxito na demonstração de seus enunciados. Note-se, porém, que Clávio não atribui o sucesso dos *Elementos* ao *modo* como Euclides expôs suas demonstrações.

As ideias apresentadas nos *Prolegomena* encerram um longo período da vida intelectual de Clávio dedicado à defesa do conhecimento matemático. Nota-se ali, em especial, a persistência dum tema explorado ao longo da década de 1580 em três textos: *Ordo servandus in addiscendis disciplinis mathematicis,* de 1581; *Modus quo disciplinae mathematicae in scholis Societatis possent promoveri*, de 1582; e *De re Mathematica instructio*, de 1593. O texto de 1582 se sobressai em relação aos demais porque, ao contrário do que viria a dizer o padre jesuíta nos *Prolegomena*, nos quais optou por apresentar como antagônicas as ciências matemáticas e a filosofia natural, expôs aqui uma tese conciliadora, argumentando que a matemática é uma aliada indispensável na aquisição de conhecimento sobre os fenômenos naturais — ainda que, provoca o autor, a filosofia natural sem as matemáticas seja uma disciplina aleijada e imperfeita. Por essa razão, continua ele,

> (...) é necessário que os discípulos devam entender que essas ciências [as matemáticas] são úteis e necessárias para o correto entendimento do resto da filosofia e que são, ao mesmo tempo, um complemento a todas as outras artes, de maneira tal que o conhecimento perfeito pode ser adquirido; em verdade, essas ciências e a filosofia natural têm tamanha afinidade entre si que, a menos que ofereçam ajuda mútua entre si, não conseguirão preservar suas posições. Para que isso aconteça, é preciso, primeiro, que os estudantes de física devam estudar disciplinas matemáticas

[2] Si vero nobilitas, atque praestantia scientiae ex certitudine demonstrationum, quibus vtitur, sit iudicanda; haud dubie Mathematicae disciplinae inter caeteras omnes principem habebunt locum. Demonstrant enim omnia, de quibus suscipiunt disputationem, firmissimis rationibus, confirmantque, ita vt vere scientiam in auditoris animo gignant, omnemque prorsus dubitationem tollant: Id quod aliis scientiis vix tribuere possumus, cum in eis saepenumero intellectus multitudine opinionum, ac sententiarum varietate in veritate conclusionum iudicanda suspensus haereat, atque incertus (CLÁVIO, 1612, p. 5)

[3] "Theoremata enim Euclidis, caeterorum Mathematicorum, eandem hodie, quam ante tot annos, in scholis retinent veritatis puritatem, rerum certitudinem, demonstrationum robur, ac firmitatem" (CLÁVIO, 1612, p. 5).

> ao mesmo tempo — um costume que sempre foi observado nas escolas da Sociedade até agora. Porque se essas ciências fossem ministradas em tempos diferentes, os estudantes de filosofia pensariam, compreensivelmente, que não são necessárias para a física[4].

É através das matemáticas, continua Clávio, que se aprende muitas coisas úteis, como o movimento das estrelas e cometas sobre a orbe celeste — sob uma perspectiva geocêntrica, note-se —, na astronomia, a infinita divisibilidade do *continuum*, na física, e o movimento das ondas e dos ventos, na meteorologia. Na verdade, diz ele, até mesmo um correto conhecimento sobre as teses de Platão e Aristóteles seria impossível sem um conhecimento mínimo de matemática. Por tudo isso, diz Clávio,

> (...) [S]erá de muita ajuda se os professores de filosofia se abstenham dessas questões que são de pouco valor na compreensão da filosofia da natureza e que, na maioria das vezes, atiçam uma opinião pobre sobre a matemática entre os estudantes. Refiro-me, por exemplo, a essas questões que enunciam: a matemática não é uma ciência; não possui demonstrações; abstrai do Ser e do Bem, etc[5].

As posições de Clávio, como se nota, procuravam adequar-se ao máximo à tradição aristotélica, seja por recomendação expressa da Companhia, seja por convicção do próprio Clávio. Ao contrário de Proclo, porém, Clávio estava convicto de que a consecução do projeto educacional da Companhia de Jesus, bem como a adequação de Euclides aos cânones de Aristóteles, que, ao fim e ao cabo eram dois lados da mesma moeda, seria preciso dar uma nova exposição das demonstrações contidas nos *Elementos*. Eis a recomendação de Clávio:

> Ou, então, deixem que [os estudantes] proponham demonstrações novas e originais das proposições de Euclides. Dê-se, nestas academias, congratulações àqueles que melhor resolvem o problema proposto, ou são responsáveis pelo menor número de silogismos imperfeitos (os quais são comuns o bastante) na invenção de novas demonstrações.

O resultado disso, continua o autor, é que o estudante se tornaria sequioso dos estudos matemáticos, por ter a expectativa dalgum tipo de honraria, ao mesmo tempo em que compreenderia a excelência científica daqueles conhecimentos.

Todavia, se por um lado Clávio ajudou a sedimentar as ligações entre Euclides e Aristóteles, ele convenientemente deixou de lado o desafio mais profundo posto por Piccolomini sobre o papel da causalidade nas demonstrações matemáticas, especialmente as passagens de Proclo que supostamente endossam tal interpretação.

4. Isaac Barrow e o conceito de causalidade

Como se viu, Clávio contra-argumentou a partir de uma perspectiva pedagógica. Era de seu interesse preservar uma hierarquia dos saberes dentro da Sociedade de Jesus, o que se refletiria, em seu entender, na superioridade das demonstrações matemáticas. Essa também viria a ser a estratégia usada por Barrow, que entrou no debate já na segunda metade do séc. XVII com suas *Lectiones Mathematicae* (publicadas postumamente em 1683). Contudo, enquanto Clávio deixou de responder à relação entre causalidade e as demonstrações matemáticas, Barrow não apenas respondeu em favor de tal relação, como também aqui

[4] (...) [N]ecesse est, ut discipuli intelligant, has scientias esse utiles et necessarias ad reliquam philosophiam recte intelligendam, et simul magno eas ornamento esse omnibus aliis artibus, ut perfect am eruditionem quis acquirat. Immo vero tantam inter se habere affinitatem hasce scientias et philosophiam naturalem, ut nisi se mutuo iuvent, tueri dignitatem suam nullo modo possint. Quod ut fiat, necessarium erit primo, ut auditores physices audiant simul disciplinas mathematicas. Qui mos hactenus in scholis Scietatis semper fuit. Nam si alia tempore praelegentur hae scientiae, existimarent philosophiae auditores, neque immerito, eas nullo modo esse necessarias ad physicam. Ver Lukács (1992, p. 116).

[5] "Ad hoc etiam multum conferet, si praeceptores philosophiae ab illis quaestionibus abstineant, quae parum iuvant ad res naturales intelligendas, et plurimum auctoritatis disciplinis mathematicis apud auditores detrahunt: quales sunt illae, in quibus docent, scientias mathematicas non esse scientias, non habere demonstrationes, abstrahere ab ente et bono etc". Lukács (1992, p. 117).

reafirmou a superioridade da matemática em relação às ciências naturais. De fato, as réplicas de Barrow levaram-no a formular uma das mais originais teses dentre os autores considerados, a saber, que somente a causa formal é compatível com o conhecimento científico em geral, sendo a causa eficiente uma mera ficção.

Ao longo de suas *Lectiones Mathematicae*, especialmente a partir da IVª, Barrow expõe em linhas gerais os requisitos de uma ciência demonstrativa. Ele declara, com efeito, que é propósito de toda ciência investigar "as propriedades (*proprietates*), afecções (*affectiones*) e paixões (*passiones*)" de seus respectivos objetos, acompanhados por sua essência, na medida em que se seguem mediata ou imediatamente; e tudo isso através dum *discurso* certo e evidente: a demonstração (BARROW, 1683, p. 59). Portanto, diz Barrow, três coisas devem ser consideradas pela ciência demonstrativa: o objeto, os princípios (aqui chamados axiomas comuns, como em Aristóteles) e as afecções. O objeto da geometria são espécies de magnitudes especificadas e determinadas. Já em relação às afecções, elas são comuns ou próprias. As *afecções comuns* concordam necessariamente com os membros dum certo gênero, mas não são exclusivas e, portanto, são insuficientes para classificá-los em espécies distintas. Por exemplo: ter os ângulos internos iguais a dois retos pertence ao gênero dos triângulos, mas isso não é suficiente para diferenciar o isósceles do equilátero e estes dois do escaleno. Alguém poderia objetar que tais afecções são demasiado abrangentes, uma vez que o atributo "ser uma figura plana" abarca círculos, triângulos, quadriláteros, etc. A isso Barrow se adianta afirmando que as afecções comuns não podem estar nas definições, mas antes pertenceriam a uma disciplina de ordem superior. As *afecções próprias*, por outro lado, concordam com seus objetos necessariamente e exclusivamente; dessa maneira, ser uma figura plana limitada por uma linha a partir da qual todos os raios são iguais é uma afecção própria do círculo e, no sentido inverso, se uma figura é um círculo, então será uma figura plana, etc.

Ora, conclui o autor, é fácil ver que tudo isso se encontra na matemática e que nenhuma outra ciência trata de objetos tão exatos quanto aqueles estudados por Euclides. O fato de nenhum objeto físico conseguir satisfazer as afecções exatas é suficiente para Barrow reafirmar a superioridade da matemática.

> Porém, deixando de lado toda a autoridade para chegar à verdade do assunto, parece claro, a partir do que foi dito, que as demonstrações matemáticas são eminentemente causais porque apenas buscam suas conclusões a partir de axiomas que exibem as afecções mais universais de todas as quantidades e a partir de definições que declaram a geração constitutiva e as paixões das magnitudes particulares. Daí que as proposições que emergem de tais princípios supostos precisam se seguir das essências e causas das coisas (BARROW, 1683, p. 92).

No tocante aos princípios, Barrow mantém incólume a lista tríplice de Aristóteles, acrescentando somente algumas notas de elucidação. Uma hipótese (ou postulado) é uma proposição que afirma ou assume um *modo*, *ação* ou *movimento* de alguma coisa; por exemplo: traçar uma reta entre dois pontos. Neste sentido a audiência pode aceitar os postulados geométricos de Euclides consultando a experiência; *e.g.*, ao notar que se pode traçar uma linha física entre dois pontos (BARROW, 1683, p. 149). E Barrow segue observando que as hipóteses estão para os problemas assim como os axiomas estão para os teoremas. Diz ele: "Pois tal como um *problema* mostra a maneira e demonstra a possibilidade de uma estrutura, também a hipótese assume alguma construção que é manifestamente possível" (BARROW, 1683, p. 144). Embora não o diga (explicitamente), esta analogia vale também no nível da gramática superficial, uma vez que os postulados de Euclides, *i.e.*, os três primeiros admitidos por Barrow e Clávio, são enunciados numa espécie de linguagem normativa na qual se autoriza que tal e qual coisa se possa fazer — em vez de declarar proposições —, sendo também esta a linguagem usada por Euclides para expressar alguns de seus enunciados matemáticos.

Em seguida são discriminados axiomas universais e axiomas particulares. Os *axiomas universais* — ou *absolutos*, como também são chamados — declaram alguma afecção essencial a todas as magnitudes; *e.g.*, que se pode tirar uma magnitude menor duma maior. Os *axiomas particulares* são aqueles empregados pelo geômetra e podem ser reduzidos às definições. Bem observado, o que Barrow faz é introduzir mais uma divisão no que Aristóteles havia chamado princípios próprios. Ou seja: onde antes Aristóteles havia posto as definições e hipóteses, agora Barrow acrescenta os axiomas particulares, tratando os axiomas universais como axiomas no sentido original proposto por Aristóteles.

Por outro lado, a lista não é compatível com a dos *Elementos*, especialmente os postulados 4-5. Mas aí, rebate Barrow, Euclides deveria ser responsabilizado por colocar erroneamente aquelas proposições entre os postulados e não entre os axiomas. A razão para isso, ao contrário do já havia sugerido Proclo — que chamou atenção para o aspecto gramatical dos postulados 1-3, formulados como autorizações e não como proposições, tal qual se vê nos postulados 4-5 e nos axiomas —, é que o postulado 4 poderia ser reduzido à definição de ângulo reto, ao passo que o postulado 5 seria reduzido à definição de linhas paralelas (BARROW, 1683, pp. 147-148). E, de fato, é essa "pequena" emenda que Barrow acrescenta na sua tradução do texto euclidiano. Percebe-se aqui, mais uma vez, como alterações no texto de Euclides tinham motivações intelectuais muito além da mera correção filológica.

Como foi sugerido, algumas das correções e emendas ao texto de Euclides estavam associadas aos desafios postos ao estatuto científico da matemática. Isso era o caso em Clávio, que recomendava a exposição silogística das demonstrações euclidianas, e era também em Barrow; este último, porém, foi além da simples comparação entre as demonstrações matemáticas e as da filosofia natural para mostrar que nenhum outro tipo de causalidade, além da formal, típica da matemática, poderia ter cidadania na ciência de um modo geral.

Barrow diferencia as *demonstrações simples*, compostas apenas por um silogismo da 1ª figura, e as *compostas*, *i.e.,* uma cadeia de demonstrações simples. Todavia, em vez de mostrar como reconstruir a proposição I.1 a partir de silogismos demonstrativos, Barrow opta por seguir por meio de entimemas.

> (...) [P]arece-me que todo discurso certo e evidente, estando em conformidade com as indisputáveis regras da lógica, a partir de princípios universalmente e perpetuamente verdadeiros, em que se encontre uma conexão necessária dos termos, é própria e cientificamente uma demonstração perfeita. E que qualquer outra causalidade, que é aqui aplicável, excetuando-se essa conexão ora explicada, é uma mera ficção, não endossada por argumento de qualquer tipo nem confirmada por exemplo algum. E que as demonstrações, embora algumas se sobressaiam em relação a outras em questões de brevidade, elegância, proximidade aos respectivos primeiros princípios e outras excelências, são, não obstante, bem parecidas na evidência, certeza, necessidade e na conexão essencial e mútua dependência dos termos entre si (BARROW, 1683, p. 110).

Olhando-se a discussão em retrospecto, porém, os argumentos de Barrow conduzem a conclusões parecidas com as de Proclo e Piccolomini. Barrow esforçou-se em mostrar que as demonstrações matemáticas são superiores em relação às demais, mas tal superioridade decorre da exatidão dos seus objetos, como também argumentaram Proclo e Piccolomini; aliás, até mesmo Clávio era desta opinião. Mas, ao contrário de Piccolomini, que, como foi visto, retirou da matemática quaisquer conexões com o conceito de causalidade, o que se pode atribuir a Barrow é a identificação dos raciocínios matemáticos à *demonstratio propter quia*, deixando de lado a *demonstratio quid* e demolindo a *demonstratio potissima*. Ou seja: o raciocínio matemático procederia somente a partir dos princípios para as conclusões, mas nunca o inverso. É a partir da dicotomia acima que Barrow extrai seu argumento sobre a natureza causal das demonstrações matemáticas. Trata-se, porém, duma causalidade *formal*. E este é o único tipo de causalidade a ser admitida.

Como se viu até aqui, Aristóteles serviu como uma espécie de condutor universal de ideias e teses ao longo dos séculos XVI e XVII, não importando se, nalguns casos, seus defensores eram os responsáveis por demolir uma tradição há muito consolidada. E talvez isso tenha acontecido com os autores estudados até o presente, especialmente Barrow, que não hesitou em privilegiar a causa formal baseando-se na superioridade da matemática e na exatidão de seus objetos. Que dizer então da causa eficiente?

A estratégia de Barrow, a partir daqui, depende fundamentalmente do que Mancosu chamou de *voluntarismo teológico* (ver MANCOSU, 1996, p. 22). De acordo com Barrow, não existe (e não pode existir) uma conexão entre uma causa eficiente externa com seu efeito em que o segundo seja *necessariamente* suposto pela suposição do primeiro; ou, em sentido inverso, não pode haver a determinação da causa a partir da suposição do efeito. Isso não quer dizer que é infundada a expectativa de que um fenômeno se siga a outro; *e.g.*, que objetos com massa corporal diferentes caem com velocidades diferentes sob a gravidade da Terra. O que Barrow defende é que não se pode inferir que necessariamente um acontecerá se o outro acontece.

> Pois toda ação de uma causa eficiente, bem como seu efeito consequente, dependem da vontade livre e do poder de Deus Todo Poderoso, que, por Seu arbítrio, pode proibir o influxo e eficácia de qualquer causa; tampouco há efeito algum tão circunscrito a uma causa, porque pode ser produzido por inumeráveis outras. Daí ser possível que haja tal coisa como uma causa sem seu efeito subsequente, ou tal outra coisa como um efeito e nenhuma causa particular que conceda algo para sua existência[6].

Como tudo no mundo ocorre de acordo com a vontade de Deus e é possível haver uma causa sem um efeito ou efeito sem uma causa, se assim o Senhor decidir, não há como se argumentar da causa conhecida para seus efeitos futuros, ou, no sentido inverso, dos efeitos conhecidos para sua causa próxima (BARROW, 1683, p. 98). E Barrow vai além, tentando mostrar o suposto equívoco de Aristóteles (e dos lógicos que lhe seguiram) ao usar as posições dos planetas para então inferir que, por causa da posição da Lua, entre a Terra e o Sol, que há eclipse. E por que não? Porque, diz Barrow, "(...) se Deus assim o quiser, os raios solares podem passar através do corpo da Terra ou atingir a Lua apenas por uma passagem indireta sem tocar a Terra; ou, ao contrário, a Lua pode ser iluminada de algum outro modo" (BARROW, 1683, pp. 94-95)[7]. Por um simples ato de vontade, diz Barrow, citando os Salmos, Deus comanda a criação da matéria de acordo com as propriedades e perfeições que Lhe aprazem[8]. Mas o ser humano percebe regularidade no mundo físico. Um eclipse solar é de tal ordem. Contudo, diz Barrow, essa regularidade é devida às leis e costumes (*legem et consuetudinem*) da natureza, que são sempre contingentes e não asseguram uma conexão necessária entre os eventos.

Como lembrou Mancosu (ver MANCOSU, 1996, capítulo 3), o debate sobre o estatuto científico das matemáticas no início da Modernidade pode ajudar a compreender alguns momentos da formação intelectual de três autores comumente associados com a Revolução Científica dos séculos XVII e XVIII. Sabe-se, por exemplo, que Galileu entrou em contato com Clávio no início do séc. XVII, e havia tomado conhecimento da *Quaestio* através de alunos e colegas do padre jesuíta no Colégio Romano. Esta mesma discussão alcançou Descartes, que entrou em contato com os tratados matemáticos de Clávio e a pedagogia jesuítica na juventude. Ambos os autores, Galileu e Descartes, são mencionados nominalmente por Barrow ao longo de suas discussões. Por fim, convém lembrar que Isaac Newton entrou em contato com os *Elementos* através da tradução preparada por Barrow e deve ter ficado sabendo da *Quaestio* também por meio deste.

---

[6] "Omnis enim efficientis causa: tum actio, tum actionem consequens effectus pendet a liberrima voluntate, summaque potestate Dei O. M. qui pro suo arbitratu prohibere potest influxum et efficaciam cujuscunque causa? ; itemque nullus est effectus sic uni causa? alligatus, quin ab aliis forsan innumeris possit produci. Ergo fieri potest, ut hujusmodi causa sit, nec effectus subsequatur ; vel ut effectus sit, et nulla peculiaris causa quicquam conferat ad ejus existentiam" (Barrow, 1683, p. 98).

[7] "(...) [N]am volente Deo solares radii telluris corpus permeabunt ; aut a recto tramite declinantes, adeoque terrae non occursantes, lunam attingent, vel aliunde luna luce perfundetur"

[8] Salmos, 33:9: *Porque falou, e foi feito; mandou, e logo apareceu*. Vide páginas 372-373 do Sermão VII: "The Being of God Proved from the Frame of Human Nature" em *The Theological Works of Isaac Barrow*, 1859, vol. V. Ver também, na mesma obra, "The Being of God Proved from the frame of the World" (Sermão VI).

5. Conclusão

Embora Proclo e Filopono tenham tentado mostrar que os *Elementos* de Euclides poderiam ser compatíveis com os requisitos lógicos e epistêmicos dos *Segundos analíticos*, é a partir do séc. XVI que esta tese é testada de fato. Esse projeto, porém, foi atiçado por Alessandro Piccolomini, para o qual não se poderia atribuir a certeza matemática à natureza causal de suas demonstrações. Como foi visto, Piccolomini tentou mostrar que suas conclusões, apesar de incomuns para as autoridades da época, nomeadamente os autores latinos que seguiam Averróis, eram, segundo ele, fundamentadas justamente por Proclo. Se a leitura de Piccolomini é correta ou não, fato é que a polêmica iniciada incidentalmente por ele deixou parte da tradição aristotélica na delicada posição de mostrar em que consistia a cientificidade do conhecimento matemático.

Cristóvão Clávio fora o primeiro intelectual a se contrapor a Piccolomini, sendo também um dos primeiros a, conscientemente ou não, modificar a exposição das demonstrações de Euclides, para que estas se adequassem a Aristóteles, mas não o inverso. Para além das motivações pedagógicas do padre jesuíta, que foram aqui realçadas para explicar as modificações feitas no texto de Euclides, é preciso que se note também como sua posição ilustra uma preocupação com o papel das matemáticas no processo de explicação dos fenômenos naturais. Muito mais do que preservar as matemáticas no currículo da *Ratio Studiorum*, os argumentos de Clávio mostram como este estava ciente da necessidade de colocar a geometria a par de algumas inovações pelas quais começava a passar a filosofia natural.

Quando Barrow começou a se manifestar sobre este tema, já começava a ficar claro como seria difícil para a concepção aristotélica de ciência dar conta das novas observações trazidas por Galileo — algumas das quais conhecidas em primeira mão por Clávio —, abrindo espaço para então o colega de Barrow, Isaac Newton. Importa observar, porém, que embora Barrow não tenha conseguido reverter a situação desfavorável a Aristóteles, nem parece ter sido este seu objetivo imediato, ele ajudou a escrever um dos capítulos mais importantes sobre o conceito de causalidade no início da Modernidade.

Referências

ARISTÓTELES. 1994. *Posterior Analytics.* Oxford: Clarendon Press. Tradução e comentários: Jonathan Barnes.

BARROW, I. 1655. *Euclidis Elementorum libri XV breviter demonstrati*. Cantabrigiae: Ex celebarrimae Academiae Typographeo.

______. 1683. *Lectiones Mathematicae.* Londres: Wells.

______. 1859. *The Theological Works of Isaac Barrow*, vol. V. Oxford: Clarendon Press. Editado por Alexander Napier.

CLÁVIO, C. 1574. *Euclidis Elementorum Libri XV*. Roma: Vincenzo Accolto.

______. 1581. *Ordo servandus in addiscendis disciplinis mathematicis.* In: Lukács, *Monumenta paedagogica Societatis Iesu (1588 - 1616)*. Vol. VII. Roma: Monumenta Historica Soc. Iesu, 1992.

______. 1582. *Modus quo disciplinae mathematicae in scholis Societatis possent promoveri.* In: Lukács, *Monumenta paedagogica Societatis Iesu (1588 - 1616)*. Vol. VII. Roma: Monumenta Historica Soc. Iesu, 1992.

______. 1593. *De re Mathematica instructio*. In: Lukács, *Monumenta paedagogica Societatis Iesu (1588 - 1616)*. Vol. VII. Roma: Monumenta Historica Soc. Iesu, 1992.

______. 1612. *Opera Mathematica*. Moguntiae: Sumptibus Antonii Hierat, excudebat Reinhardus Eltz.

DE RISI, V. 2016. The development of Euclidean axiomatics. *Archive for History of Exact Sciences*, v. 70, n. 6, pp. 591-676.

EUCLIDES. 1883. *Opera Omnia*. Lipsiae: B.G. Teubneri. Editado por Johan Ludvig Heiberg.

______. 1908. *The Thirteen Books of the Elements*. Cambridge: Cambridge University Press. Tradução, introdução e comentários: Thomas L. Heath.

FILOPONO, J. 1909. *Ioannis Philoponi In Aristotelis Analytica Posteriora Commentaria*. Edição: Maximilian Wallies. Berolini: Typ. et impensis G. Reimeri.

KNEALE, M. & KNEALE, W. 1962. *The Development of Logic.* Oxford: Clarendon Press.

MANCOSU, P. 1996. *Philosophy of Mathematics and Mathematical Practice in the Seventeenth Century.* Oxford: Oxford University Press.

MUELLER, I. 1974. Greek Mathematics and Greek Logic. In: Corcoran J. (eds) *Ancient Logic and Its Modern Interpretations.* Synthese Historical Library, vol 9. Springer, Dordrecht.

PICCOLOMINI, A. 1547. *In Mechanicas Quaestiones Aristotelis* [...]. Excussum Romae, apud Antonium Bladum Asulanum.

PORCHAT PEREIRA, O. 2001. *Ciência e dialética em Aristóteles*. São Paulo: U.

PROCLO. 1873. *Procli Diadochi In Primum Euclidis Elementorum Librum Comentarii*. Lipsiae: B. G. Teubner. Edição: Gottfried Friedlein.

RICCARDI, P. 1887. *Saggio di una bibliografia euclidea*. Bologna: Georg Olms Verlag.

ROMMEVAUX, S. 2005. *Clavius: un clé pour Euclides au XVIe siècle*. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin.

Recebido em 03 de maio de 2019. Aceito em 12 de julho de 2019.