

A primazia das relações sobre as essências: forças como entidades matemáticas nos *Principia* de Newton

Eduardo Salles O. Barra
Departamento de Filosofia
Universidade Federal do Parana

Os *Principia* de Newton devem a sua celebridade não somente a sua extraordinária técnica matemática, mas também pelo fato de que a matemática desempenha um papel singular na sua estruturação conceitual e metafísica. Tanto assim que o termo "matemática" em toda a extensão dos *Principia* – desde o próprio título – deve ser compreendido como tendo um significado mais amplo do que apenas as práticas matemáticas mais ordinárias (tais como cálculos, quantificações, axiomatização, demonstrações e deduções diversas), que constituem a sua parte mais visível e comemorada, a ponto de nele também se incluir algo que poderia ser chamada de a *filosofia* da matemática dos *Principia*, sob um aspecto menos visível ainda: uma ontologia dos objetos matemáticos. Mas por que haveria uma ontologia dos objetos matemáticos nos *Principia*? Ou ainda onde encontrar uma ontologia da matemática nos *Principia*? O primeiro pressuposto que devo assumir para responder a ambas as perguntas é que os *Principia*, desde o seu título, assumem a matemática como uma mediação para alcançar objetivos bem mais ambiciosos na filosofia natural. Portanto, uma ontologia dos objetos matemáticos que seja realmente relevante para a estrutura conceitual sobre o qual Newton ergueu seus *Principia* deverá também estar refletida nesses objetivos mais ambiciosos.

Qual o problema ontológico central dos *Principia*? Não seria outro que a fundamentação metafísica da teoria da gravitação universal, em particular os embaraços acarretados pela necessidade de associar um princípio de atividade à matéria inerte. Nesse ponto, é indispensável ter uma atenção especial para o que observa McMullin sobre esse ponto: "Pode a matéria ser considerada ativa a partir da sua própria natureza? Poder-se-ia supor que o princípio de gravitação universal, a partir do qual obviamente decorre o sucesso dos *Principia*, levaria Newton a dar uma sonora resposta afirmativa a essa questão ou, de uma outra maneira, que a sua crença na função inerentemente ativa da matéria o havia auxiliado na obtenção da noção de gravitação. Mas, de fato, o oposto parece ter sido o caso. (...) Ele [Newton] parece dizer que, se alguma coisa possui dentro de si uma fonte de atividade, tal coisa não pode ser *exatamente* a matéria; deve haver algum outro princípio, algum 'princípio ativo', distinto (embora não necessariamente fisicamente separado) da matéria envolvida. (...) Newton viu-se forçado a buscar fora da matéria a fonte do movimento, e

isso – talvez mais do que qualquer outro fator – foi o que conferiu tamanha complexidade à sua ontologia." (McMullin, 1978, p. 29) Dois pontos merecem especial destaque nessas palavras de McMullin: (i) o fato de Newton recusar que a matéria pudesse ser essencialmente ativa; (ii) um corolário desse fato, isto é, a *complexidade* que a busca por um princípio ativo disposto fora da matéria conferiu à sua ontologia.

Minha pretensão será mostrar que a mesma complexidade que a busca de um princípio ativo putativamente imaterial conferiu à ontologia da natureza newtoniana verifica-se na sua ontologia conexa dos objetos matemáticos, virtualmente pela mesma razão, qual seja, a sua recusa de sobrepor um princípio ativo à matéria inerte. Da minha hipótese, decorre, então, que a chave para compreender a ontologia newtoniana dos objetos matemáticos é a complexidade, originariamente surgida em meio aos problemas da filosofia natural e disseminados aos domínios de objetos conexos. Para sustentar essa tese da complexidade, procurarei: (i) reconstruir a ontologia newtoniana sob duas tendências contrárias no modo de interpretar a atribuição de uma natureza matemática a determinados objetos ou propriedades de objetos; (ii) tomar dois casos exemplares, o espaço e o tempo absolutos e as forças centrais atrativas, conforme ambos ocorrem no primeiro livro dos *Principia*; (iii) mostrar que, ao atribuir igualmente a ambos uma natureza matemática, Newton pretende obter resultados aparentemente antagônicos, que foram tradicionalmente identificadas *grosso modo* com o realismo (para o caso do espaço e o tempo absolutos) e com o formalismo (para o caso das forças centrais atrativas) matemático; (iv) mas, para que a suposta complexidade não se degenere em mera inconsistência, será preciso mostrar adicionalmente que os *Principia* exibem bem mais do que uma desajeitada tentativa de justapor duas concepções ontológicas antagônicas e irreduzíveis (realismo e formalismo); (v) para restituir a consistência e reconciliar as concepções rivais que inspiraram a ontologia newtoniana, a opção correta é enfatizar o realismo e dispensar o formalismo como uma mera aparência inicial; (vi) de modo mais preciso, o que, à primeira vista, poderia parecer uma adesão de Newton ao formalismo matemático contém, quando detidamente analisado, importantes similaridades com um outro programa destinado a promover uma ontologia associada aos objetos matemáticos.

Em uma das passagens mais polêmicas dos *Principia*, Newton adverte que:

"...emprego alternada e indiscriminadamente palavras que significam atração, impulso ou qualquer espécie de propensão para o centro, considerando essas forças não do ponto de vista físico, mas do ponto de vista matemático. Portanto, acautele-se o leitor para não pensar que, quando afirmo que os centros atraem ou que possuem forças, defino por essas palavras qualquer espécie ou modo de ação ou ainda causa ou razão física, e atribuo verdadeira e fisicamente forças aos centros (que são pontos matemáticos)." (Newton, 1999, p. 408)

Sobre o alcance das advertências de Newton sobre o seu modo de considerar matematicamente as forças centrais atrativas, as posições dos comentadores dividiam-se tradicionalmente em dois

grandes grupos. Primeiro, aqueles que consideravam os pronunciamentos de Newton mais expedientes retóricos do que propriamente preceitos metodológicos credíveis. O principal motivador dessa linha interpretativa foi Richard Westfall, para quem, embora seja “logicamente defensável” distinguir os problemas do status ontológico da força e aqueles atinentes a uma dinâmica quantitativa (como aquela que Newton desenvolve nos primeiros dois livros dos *Principia*), “é inconcebível que ele pudesse ter formulado a idéia [de gravitação universal] sem o conceito anterior de atração”. Por pensar assim, Westfall defende que “forças como entidades reais” e “dinâmica quantitativa” são as “irmãs siamesas da ciência newtoniana – da operação complexa de interação ambas emerge os *Principia* e a lei da gravitação universal” (Westfall, 1971, p. 465).

Segundo, o grupo daqueles que pensam que não se deve menosprezar as advertências de Newton, pois elas não se aplicam apenas ao contexto da justificação – como parecer pretender Westfall –, mas sobretudo ao contexto da descoberta dos seus principais teoremas. Desde do início dos anos 80 do século passado, essa linha interpretativa foi energicamente defendida por Bernard Cohen, para quem

“o pensamento criativo de Newton na dinâmica celeste não deve ser interpretado a partir da sua suposta consideração das forças como propriedades reais, primárias e essenciais dos corpos ou da matéria macroscópica, mas a partir da sua capacidade de explorar as condições e propriedades de tais forças *como se* elas fossem reais, sem precisar ser capaz de encontrar uma resposta satisfatória (ou qualquer resposta) para as questões sobre a realidade independente de tais forças” (Cohen, 1980:253).

A possibilidade de lidar com as forças “*como se* elas fossem reais” é o ingrediente estrutural daquilo que Cohen chamou de “estilo newtoniano” (*newtonian style*) Desse ponto de vista, a separação dos aspectos matemáticos e fisicamente reais das forças – que Westfall reconhece somente no “plano lógico” – converte-se na característica principal do efetivo desenvolvimento das idéias de Newton sobre as forças.

As divergências entre Westfall e Cohen dizem respeito, portanto, ao alcance da atitude de Newton de reivindicar um emprego de termos tais como forças e seus correlatos num sentido exclusivamente matemático ao longo dos primeiros dois livros dos *Principia*. Enquanto Westfall sustenta que tal atitude seria heurísticamente desastrosa e as advertências de Newton a esse respeito são meras racionalizações *post factum*, Cohen, por sua vez, defende que aquela atitude foi heurística e metodologicamente imprescindível e que, portanto, as advertências de Newton devem ser tomadas por seu valor de face. Mas, apesar dessa ampla divergência, ambas interpretações parecem compartilhar um pressuposto comum. Ambos entendem que, ao lhes atribuir um significado apenas matemático, Newton estaria reivindicando uma vacuidade ontológica para as forças centrais atrativas e, assim, o adjetivo “matemático” seria nesse contexto sinônimo de ontologicamente vácuo.

Num artigo recente, no qual faz uma reavaliação do debate historiográfico protagonizado por Westfall e Cohen nos anos 80, identificando as filiações filosóficas de longo alcance de cada uma dessas linhas interpretativas rivais, Koffi Maglo propõe uma terceira possibilidade de interpretar as

mesmas advertências de Newton sobre o caráter matemático das forças centrais atrativas. Já de partida, a interpretação de Maglo tem uma nítida vantagem sobre as duas anteriores: ela está baseada numa cuidadosa reconstrução da filosofia da matemática de Newton. Ao adotar essa perspectiva, Maglo encontra-se em melhores condições de suspeitar que as advertências de Newton não sejam destinadas a estabelecer a identidade pressuposta igualmente por Cohen e por Westfall, a identidade entre matemática e vacuidade ontológica.

Maglo sustenta, em linhas gerais, que a filosofia da matemática de Newton é invariavelmente realista – num sentido muito próximo ao que acima empreguei para o caso dos objetos absolutamente matemáticos, isto é, que “quantidades possuem conteúdos ou referentes ontológicos na natureza” (Maglo, 2007, p. 581) – e que, portanto, as entidades matemáticas hipostasiadas por Newton (particularmente, forças) não devem ser encaradas como ontologicamente vazias ou “fisicamente cegas” (*physics-blind*):

“a interpretação filosófica da matemática adotada por Newton na maturidade parece anular suas ressalvas metodológicas, se elas forem interpretadas como sugerindo que se possa realizar inferências no domínio da física a partir de uma matemática fisicamente cega, porque o tipo de 'realismo' matemático adotado por Newton não admite um formalismo radical, segundo o qual as quantidades matemáticas são inteiramente desprovidas de conteúdo físico”(Maglo, 2007, p. 582).

Desse modo, as advertências de Newton sobre o uso de termos tais como forças atrativas em um sentido matemática são encaradas por Maglo como “ressalvas metodológicas” dignas de mais irrestrita suspeição, visto que jamais “Newton tratou força somente como uma quantidade matemática e um termo neutro desprovido de qualquer dimensão ontológica” (Maglo, 2007, p. 581). Ao contrário, “nos *Principia* força é um construto físico-matemático com fundamento ontológico e filosófico” (2007, p. 592).

Conforme disse antes, o mérito da interpretação de Maglo, em relação aos seus dois predecessores, Westfall e Cohen, é justamente insistir na dissociação entre matemático e vacuidade ontológica (ou referencial), com base na reconstrução da filosofia da matemática de Newton como um filosofia adversa ao formalismo, no sentido contemporâneo desse termo. Todavia, a única alternativa ao formalismo que Maglo parece enxergar é um realismo matemático que uniformiza o estatuto ontológico das entidades matemáticas e ignora a possibilidade de distingui-las categorialmente – categorias tais como seriam, por exemplo, as entidades absolutas e entidades relacionais, com aplicações tanto na ontologia da matemática quanto na ontologia da natureza. Assim, com base nessa ontologia uniformemente realista que faz anular as ressalvas metodológicas de Newton, os teoremas iniciais dos *Principia* convertem-se em tentativas de “materializar e visualizar” a ação da força (Maglo, 2007, p. 589 e 590). Mas seria de fato essa a única alternativa à interpretação formalista das advertências de Newton? Ou haveria ainda uma interpretação anti-formalista que preservasse as advertências metodológicas de Newton, isto é, que se mostrasse ainda compatível com o objetivo explícito de investigar “as quantidades das forças e as suas proporções”? Seria mesmo o caso de as advertências de Newton tornarem-se letra morta em benefício do objetivo de “visualizar e materializar” a ação das forças?

Se essa linha de questionamento fizer sentido, há um importante e talvez surpreendente antecedente das implicações anti-formalistas do tipo de consideração matemática das forças realizada por Newton nos *Principia*. Apesar de todas as suas próprias pretensões em contrário, é provável que Newton tenha adotado um enfoque ontológico da matematização que possui nítidos antecedentes no programa cartesiano de uma *mathesis universalis*. Não me refiro, obviamente, às suas respectivas práticas matemáticas, que são nitidamente diferentes e, por vezes, antagônicas. Da mesma forma, não me refiro à ontologia dos objetos matemático-absolutos, tais como o tempo e o espaço absolutos, além da ontologia das propriedades essenciais e absolutas da matéria, tal como a inércia essencial da matéria; ambas ontologias são em quase todos os seus aspectos irreconciliáveis com os fundamentos relacionistas da mecânica cartesiana. O que tenho em vista é a segunda classe de objetos matemáticos, complementar à anterior, mas igualmente indispensável à física newtoniana: os objetos matemático-relacionais. Não por acaso, o discurso filosófico que sustenta a necessidade dessa extensão do domínio de objetos da teoria matemática de Newton – as tais “ressalvas metodológicas” segundo a perspectiva de Maglo – foi motivado pela iminente má reputação que a noção de uma força atrativa teria entre cartesianos e leibnizianos. Não seria sem propósito, portanto, que o discurso de Newton procurasse convencer seus virtuais críticos não apenas pelo que ele nega, mas também pelo que ele afirma.

O que pretendo, pois, afirmar é que as consequências positivas do tipo de consideração matemática que Newton estabelece para as forças atrativas nos primeiros livros dos *Principia* têm nítidos pontos comuns com as consequências ontológicas identificadas por Marion no projeto cartesiano de uma *mathesis universalis*, consequências essas que ele reuniu sob o rótulo da *ontologia cinzenta* de Descartes. Os pontos a que me refiro seriam os seguintes: (1) a *mathesis universalis* permite uma *epokhè* da natureza das coisas, “que transfere o centro de gravidade (por assim dizer) da *ousia* para o conhecimento seguro – até o ponto de esquecer a coisa conhecida” (Marion, 2002, p. 99; ver também p. 79); (2) a consideração das coisas de outro modo que não pela sua essência – “como inteligibilidade sem vínculo estrito com a essência das coisas” – substitui a natureza considerada absolutamente por uma comparação (Marion, 2002, p. 95 e 79-80); (3) uma comparação não é ela mesma apenas constituída, mas é também constitutiva, sobretudo enquanto *quantificação* (cf. Marion, 2002, p. 85); (4) a quantificação não exige que as coisas compartilhem nenhuma essência particular, exceto a extensão; (5) dada a extensão, as coisas podem ser comparadas por meio de parâmetros perfeitamente imaginários ou variáveis em si mesmas inextensas ou indiferentes a todo fundamento real (cf. Marion, 2002, p. 88); (6) em suma, para o programa de uma *mathesis universalis* compreendido como “a possibilidade universal de ler o mundo como ordem e medida”, é indispensável a “*primazia absoluta atribuída à relação*” e o reconhecimento de que “a *ousia* torna-se menos o fundamento da coisa que o obstáculo ao conhecimento” (Marion, 2002, p. 185-186 e 187; os itálicos são meus). Nisso consiste, em parte, as bases ontológicas das normas metodológicas que Descartes estabeleceu nas *Regulae ad directionem ingenii* (1626-1628; publicado postumamente em 1684), mas que certamente podem ser identificadas em outros textos que também demandaram discussões de ordem metodológicas.

Marion localiza-as num dos mais difundidos textos científicos de Descartes durante o séc. xvii:

“As séries visam, então, o conhecimento. Mas como? Na medida em que elas dispõem todas as 'coisas', umas após as outras, segundo uma comparação; e isso no sentido em que, no início da *Dioptrique*, Descartes declara não ser necessário que eu me responsabilize em *dizer verdadeiramente* qual é a *natureza* da luz, e creio ser suficiente empregar duas ou três *comparações* que *ajudem a conceber* da maneira que me pareça mais cômoda; isto é, no sentido em que os modelos mecânicos (bola, bastão e tina) permitem conceber perfeitamente os movimentos, as refrações e os desvios da luz, sem jamais encarar a própria questão da luz [...]” (Marion, 2002, p. 79).

Escudado por essa orientação metodológica, Descartes pode relacionar na *Dioptrique* (1637) as propriedades da luz às interações mecânicas entre corpúsculos móveis sem com isso pretender “dizer verdadeiramente qual é a natureza da luz”. É rigorosamente a mesma orientação que ele expõe preliminarmente à apresentação da hipótese dos vórtices celestes no terceiro livro dos seus *Principia Philosophiae* (1644). Em ambos os casos, Descartes avança as suas hipóteses (natureza corpuscular da luz e vórtices celestes) abdicando de qualquer pretensão quanto ao seu conteúdo de verdade e enfatizando apenas suas virtudes pragmáticas (utilidade, simplicidade, comodidade etc.). Mas o importante é que haveria mais do que uma simples estratégia heurística ou meros preceitos metodológicos em questão nessas declarações de Descartes. Há também uma “contestação da ontologia aristotélica”, ontologia essa estruturada sobre a primazia exclusiva da *ousia*, como sede da natureza verdadeira e absoluta das coisas. Essa contestação não se faz, todavia, num vazio metafísico ou visando promover a nulidade ontológica. Em meio às comparações e às séries articuladas com o exclusivo objetivo de ampliar o domínio do inteligível, emerge um nova *ontologia cinzenta*, fundada na “primazia absoluta” das relações. “Ontologia cinzenta porque não é ela declarada em lugar algum e se dissimula num discurso epistemológico” (Marion, 2002, p. 186).

Tudo o que procurei sugerir acima sobre a ontologia da matemática inerente aos *Principia* de Newton posso agora enunciar mais diretamente, servindo-me do léxico empregado por Marion em sua reconstrução da ontologia implícita à *mathesis universalis* cartesiana. O ponto central é que as advertências metodológicas de Newton e sobretudo a sua prática matemática também podem ser compreendidas como dissimulando uma ontologia igualmente “cinzenta” porque fundada na “primazia absoluta” das relações. No domínio dos objetos mobilizados pela prática matemática newtoniana, as relações têm uma primazia evidente sobre as essências. Nas suas advertências, Newton havia dito que nos *Principia* ele se ocuparia “não das espécies de forças e qualidades físicas, mas das quantidades e *proporções matemáticas*”. Ora, proporções matemáticas são relações, que, em princípio, associam objetos cujo estatuto ontológico não está imediatamente em questão. Mas isso não significa que tais relações sejam ontologicamente vazias ou que possam ser realizadas por meio de parâmetros perfeitamente imaginários ou indiferentes a todo fundamento real. A ontologia conexa que interessa a Newton – “cultivar a matemática na medida em que ele se relaciona à filosofia natural” (Newton, 1999, p. 382) – é aquela da filosofia natural, no interior da qual o mesmo esquema categorial absoluto-relativo poderia acomodar as entidades relacionais inicialmente admitidas em benefício da quantificação.

A decisão final de atribuir uma natureza relacional à própria gravidade corrobora, retrospectivamente, a decisão inicial de Newton de admitir as forças atrativas centrais apenas como entidades matemáticas intrinsecamente relacionais. Mas, conversamente, a atitude inicial de admitir as forças como objetos relacionais e, por isso, quantificáveis antecipa e fornece o principal argumento para excluir a gravidade do conjunto das propriedades essenciais e absolutas da matéria. Nesse sentido, não haveria propriamente entidades “físico-matemáticas”, como sugere Maglo, entendidas aqui como objetos com dupla cidadania ontológica (tanto na matemática quanto na *rerum natura*). Ao contrário, haveria sim uma replicação do mesmo esquema categorial (relativo-absoluto) que acomodaria sem maiores sobressaltos as transposições pretendidas por Newton.

Mas a principal vantagem de admitir uma identidade no plano do esquema categorial e não, como pretende Maglo, no plano das próprias entidades pode ser mostrada num ponto ainda mais decisivo para a compreensão da ontologia newtoniana. Seria desejável que uma provável “ontologia cinzenta” dissimulada nas “ressalvas metodológicas” de Newton pudesse ser conciliada com a sua explícita ontologia branca (ou preta, se preferir) para o caso do espaço e tempo absolutos e inércia essencial da matéria. Todavia, não creio que haja conciliação possível entre ambas ontologias. A irreduzibilidade categorial entre ambos os sentidos de matematização restará, entretanto, mais como um problema do que como uma tese para Newton. E será justamente esse fator que conferirá à ontologia da matemática newtoniana a mesma complexidade que McMullin identifica na sua ontologia da natureza. Imputar a Newton a crença em “forças como entidades reais”, como faz Westfall, ou mesmo a mera suposição hipotética da sua realidade, como faz Cohen, é extinguir o *intermezzo* ontológico que borra de cinza e expande lateralmente a linha demarcatória que separa os objetos absolutamente reais e os objetos absolutamente imaginários ou irrealis. A região cinzenta deve ser povoada por objetos absolutamente *relacionais*, que se mostram irreduzíveis a qualquer um dos dois domínios de objetos conexos, reais e imaginários.

Disso resulta a *complexidade* da ontologia da matemática implícita aos *Principia*. De um lado, um domínio de objetos matemáticos absolutamente reais ancorado na ontologia aristotélica das essências ou da *ousia* e avesso aos cânones do método hipotético cartesiano. De outro lado, um domínio de objetos matemáticos relacionalmente reais que fora precipitado pela recalcitrante dificuldade com respeito à ontologia das forças e que, por isso, encontra-se dissimulado no discurso epistemológico destinado a recusar à gravidade a mesma pretensa vacuidade ontológica das hipóteses cartesianas. O fundamental, no entanto, é ter presente que ambos os tipos de objetos emergiram de uma prática matemática voltada aos interesses da filosofia natural. Dessa forma, tanto um quanto o outro devem ser contados entre as fontes dos *princípios* matemáticos que Newton pretendeu introduzir nos assuntos da filosofia natural. Restou à posteridade filosófica a tarefa de desfazer – ou depreciar – a complexidade resultante dessa insuspeitada combinação de ontologias.

Bibliografia:

COHEN, I. B. (1980) *The Newtonian Revolution; with illustration of the transformation of scientific ideas*. Cambridge : Cambridge University Press.

- MAGLO, K. (2007) "Force, Mathematics, and Physics in Newton's *Principia*: A New Approach to Enduring Issues" *Science in Context* **20**(4), 571-600.
- MARION, J.-L. (1975) *Sur l'ontologie grise de Descartes: science cartésienne et savoir aristotélicien dans les Regulae*. Paris: J. Vrin.
- McMULLIN, E. (1978) *Matter and Activity in Newton*. Indiana: University of Notre Dame Press.
- NEWTON, I. (1999 [1687]) *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy* [trad. I. B. Cohen and A. Whitman; with a guide by I. B. Cohen] Berkeley: University of California Press.
- WESTFALL, Richard S. (1971) *Force in Newton's Physics: The Science of Dynamics in the Seventeenth Century*. London : MacDonal.

(Pesquisa realizada com o apoio da CAPES/MEC e da Equipe REHSEIS (CNRS, França))