

Matéria e movimento em Descartes e Newton

Veronica F. B. Calazans

Professora adjunta de Filosofia da Universidade

Tecnológica Federal do Paraná

E-mail: calazansveronica@gmail.com

Recebido em: 06/06/2015.

Aprovado em: 16/01/2016.

Resumo: Este ensaio pretende explicitar o conceito de matéria em Descartes e Newton, através da mediação do conceito de movimento. Essa comparação entre estes *sistema mundi* mostra-se profícua, principalmente no que diz respeito à filosofia natural de Newton. O objetivo é o de extrair do diálogo entre esses autores aspectos relevantes dos conceitos newtonianos fundamentais, como matéria, espaço, tempo e movimento.

Palavras-chave: Matéria. Movimento. Newton. Descartes.

Matter and motion in Descartes and Newton

Abstract: This essay tries to explain the concept of matter in Descartes and Newton, by means of the concept of motion. Comparing these *sistema mundi* is fruitful, especially when considering the natural philosophy of Isaac Newton. The goal is to extract, from the dialogue between these authors, relevant aspects of Newton's basic concepts, such as matter, space, time and motion.

Keywords: Matter. Motion. Newton. Descartes.

O pensamento científico do século XVII foi marcado por importantes transformações e rupturas, a tal ponto que tal mudança chegou a receber a caracterização de “revolução científica”. Koyré¹, por exemplo, localiza nessa época a grande passagem de um modelo de cosmos restrito para o universo infinito característico da ciência moderna. Entre os conceitos centrais envolvidos nessa passagem, encontra-se o conceito de matéria. Porém, dada a tentativa, própria da época, de estabelecer um sistema de mundo capaz de uniformizar as explicações em filosofia natural, qualquer tentativa de explicitar esse conceito passa, necessariamente, por outros conceitos a ele interligados pelo caráter sistemático desse novo pensamento científico.

No caso dos sistemas de Descartes e Newton, o movimento parece se oferecer como um conceito-chave para compreender o modo como cada um deles compreendia o próprio conceito de matéria. Aliás, a escolha desses dois autores não é aleatória. Visto que o sistema de mundo elaborado por Isaac Newton consagrou-se como o representante máximo do pensamento científico da modernidade, a questão de saber de que modo ele caracterizou o conceito de matéria dispensa justificativas. Entretanto, Newton não nos oferece abundantes considerações sobre os conceitos básicos de seu sistema. É preciso inventariar sua obra em busca de indícios deixados por sua prática científica e do diálogo com outros autores. E, nesse sentido, Descartes assume um papel privilegiado.

Inicialmente, diversas semelhanças entre Descartes e Newton podem ser destacadas, no que se refere aos seus sistemas de explicação mecânica do mundo. Manuscritos redigidos pelo jovem Newton atestam que ele não apenas foi leitor de Descartes, como também utilizou-se, em sua pesquisa inicial, de modelos cartesianos para investigar explicações dos movimentos locais. Porém, em 1670, no manuscrito convencionalmente chamado de “De Gravitatione”², Newton afirma que o ensinamento (de Descartes, no que diz respeito a definições cruciais, como lugar e movimento) é confuso e contrário à razão. Assim, Newton inicia uma crítica ao sistema mundi cartesiano, que evidencia dificuldades insuperáveis, do ponto de vista da mecânica. Esse diálogo com Descartes – explícito nesse texto, particularmente – nos permite investigar em que medida a crítica dirigida por Newton ao “ensinamento” cartesiano, sob o ponto de vista da mecânica, fornece fundamentos ao próprio sistema mundi newtoniano.

1 Descartes: matéria e movimento no contexto do dualismo metafísico

O caráter sistemático da filosofia cartesiana não exclui as explicações relativas à natureza. Seu sistema mundi, por exemplo, está assentado, em última análise, sobre um princípio metafísico: o dualismo, ou seja, a distinção substancial entre corpo e alma. Enquanto que o primeiro tem como atributo essencial a extensão, o atributo essencial da última é o pensamento. Tal distinção é radical e exclusiva, ou seja,

nada que diga respeito ao pensamento pode participar da substância extensa e vice-versa. Esse dualismo conduzirá Descartes a um outro princípio fundamental: a identificação entre espaço e matéria. Esse, por sua vez, é responsável pela concepção cartesiana de movimento, que será o principal alvo da crítica newtoniana a Descartes.

Com o propósito de fundamentar a afirmação de que a matéria é, essencialmente, extensão, Descartes toma como ponto de partida a concepção de que não é possível apreender a natureza das coisas através dos sentidos. As percepções sensoriais fariam parte da relação entre o espírito e o corpo a ele ligado. Por isso mesmo, por fazerem parte de um composto de corpo e espírito, as percepções sensoriais não podem gerar um conhecimento que dê conta da natureza das coisas, um conhecimento que cabe, ipso facto, ao espírito como tal e somente a ele. Descartes estabelece claramente essa supremacia do espírito sobre os sentidos no seguinte trecho da Sexta meditação:

Mas essa natureza me ensina realmente a fugir das coisas que causam em mim o sentimento da dor e a dirigir-me para aquelas que me transmitem algum sentimento de prazer; porém, não vejo que, além disso, ela me ensine que dessas diferentes percepções dos sentidos devêssemos concluir alguma coisa acerca das coisas que existem fora de nós, sem que o espírito as tenha analisado cuidadosamente. Pois é, ao espírito, e não ao composto de espírito e corpo, que cabe conhecer a verdade dessas coisas. (DESCARTES, 1999, p. 325).

Fica evidente que, aos sentidos, cabe o conhecimento prático destinado à conservação da vida, restando ao entendimento, e somente a ele, conhecer a natureza das coisas. “Depois dessa reflexão facilmente abandonamos todos os preconceitos fundados nos sentidos, e só nos serviremos do entendimento para examinar a [...] natureza [...]” (DESCARTES, 1985, p. 60).

Ora, no que diz respeito às qualidades da matéria, não seriam a dureza, o peso, a cor e outras tantas, qualidades apreendidas pelos sentidos? Portanto, nenhuma dessas – ou quaisquer outras qualidades às quais temos acesso através dos sentidos – faz parte da natureza da matéria. “Sua natureza consiste apenas no fato de ser uma substância que tem extensão” (DESCARTES, 1985, p. 60). Isso significa que é possível pensarmos um corpo desprovido de

qualquer uma das demais qualidades, mas nunca desprovido de extensão. Desse modo, a extensão é reconhecida como atributo essencial da matéria.

Segundo Descartes, ao examinarmos a ideia que temos de corpo, consideramos que se trata de “uma substância extensa em comprimento, largura e altura” (1985, p. 64), coincidindo, então, com a ideia de espaço. Assim, é somente pelo pensamento que espaço e corpo se diferem, pois a extensão, que constitui o corpo, do mesmo modo constitui o espaço, ou seja, a natureza de ambos é a extensão. Corpo e espaço “só se diferem entre si como a natureza do gênero ou da espécie difere da natureza do indivíduo” (DESCARTES, 1985, p. 64). Fica, portanto, estabelecida uma identidade entre a matéria e o espaço, visto que compartilham a extensão, como atributo essencial.

Entretanto, como se dá essa distinção, operada pelo pensamento, entre matéria e espaço? O pensamento atribui ao corpo uma extensão particular; isso porque se considera que esse corpo pode ser transportado, ou seja, é uma extensão que pode mudar de lugar. A extensão comumente atribuída ao espaço, por outro lado, está relacionada a certos corpos que consideramos externos e imóveis. Segundo Descartes essa definição é, no mínimo, vaga. Assim, ao mover um determinado corpo, não pensamos que transportamos também a extensão que ele ocupava, ao contrário, acreditamos que ela ainda está lá, pois sua posição não se alterou com relação aos tais corpos externos, considerados imóveis. Então, a extensão que antes era ocupada pelo corpo poderia, posteriormente, ser ocupada por outro corpo ou, até mesmo, pelo vazio. Essa noção vulgar de espaço, ainda segundo Descartes, leva ao engano e ao relativismo, justamente ao fixar corpos ditos externos e imóveis; pois, se para determinar a posição de um determinado corpo, recorreremos à observação dos corpos que consideramos imóveis, podemos dizer que esse corpo muda e não muda de lugar ao mesmo tempo, na medida em que são muitos os corpos que podemos considerar imóveis.

Por exemplo, se vemos um homem sentado na popa de um barco que o vento leva para fora do porto e só fixarmos o barco, parecer-nos-á que este homem não muda de lugar, porque vemos que se mantém sempre na mesma posição relativamente às partes do barco; mas se fixarmos as terras vizinhas, parecer-nos-á que este homem muda continuamente de lugar porque se afasta de umas e aproxima-se de outras. (DESCARTES, 1985, p. 65).

Descartes pretende que sua concepção de espaço e matéria e, conseqüentemente, de movimento, desfça essa ambigüidade e esse relativismo. Da identificação entre espaço e matéria segue-se uma impossibilidade de que um ocorra sem o outro. Então, se todo o espaço é matéria, não é possível conceber, nesse sistema, o vazio. Assim, a matéria é uma e homogênea, pois, ao se considerar qualquer porção de matéria, será necessário admitir que em sua essência ela é puramente extensão, como tudo aquilo que é material, e por isso, porque toda matéria compartilha da mesma essência, não seria possível conceber nenhuma espécie distinta de matéria. “Logo, só há uma matéria em todo o universo e só a conhecemos porque é extensa” (DESCARTES, 1985, p. 69). Se, por um lado, a matéria, é essencialmente homogênea; por outro, ela se manifesta aos nossos sentidos indiscutivelmente de forma heterogênea. Isso somente é possível através do movimento, que gera divisibilidade:

todas as propriedades que nela (na matéria) apercebemos distintamente apenas se referem ao fato de poder ser dividida e movimentada segundo as suas partes e, por conseqüência, poder receber todas as afecções resultantes do movimento dessas partes. (DESCARTES, 1985, p. 69).

O movimento torna-se condição para a divisibilidade da matéria, na medida em que, para dividir duas partes quaisquer, é necessário separá-las. Ou seja, o movimento – e conseqüentemente a divisibilidade – é o mais direto responsável pela diversidade de estados em que a matéria se encontra disposta, garantindo que esses estados possam ser apreendidos separadamente. Ora, se é o movimento que possibilita à matéria homogênea apresentar-se de maneiras diversificadas, podemos afirmar que ele tem um papel mediador entre o atributo que constitui a essência da matéria e a maneira como essa mesma matéria se apresenta aos sentidos, ou seja, aquelas qualidades disposicionais.

A definição de movimento que se retira daí se desenvolve em duas vias distintas que se excluem mutuamente: aquela que define o movimento segundo o senso comum e a que define o movimento “verdadeiramente”. A principal conseqüência daquela distinção, feita pelo pensamento, entre matéria e espaço delas é a concepção

vulgar de movimento. Segundo o senso comum, o movimento é a “ação pela qual um corpo passa de um local para outro” (DESCARTES, 1985, p. 69). Porém, essa definição deixa espaço para um certo relativismo na medida em que, assim como se pode afirmar que uma coisa muda e não muda de lugar ao mesmo tempo, se pode afirmar também que um corpo ao mesmo tempo está em movimento – com relação a um certo local – e não está em movimento – com relação a outro; tal no exemplo do homem sentado na popa de um barco, considerado acima.

É justamente para eliminar esse relativismo que Descartes se empenha em

[...] saber o que é verdadeiramente o movimento[, e conclui que] o movimento é a translação de uma parte da matéria ou de um corpo da proximidade daqueles que lhe são imediatamente contíguos” (DESCARTES, 1985, p. 69).

Dessa maneira, ele identifica a noção de corpo com o que ele resume por “tudo aquilo que é transportado conjuntamente” (DESCARTES, 1985, p. 69), e estabelece como único referencial aquela porção de matéria que circunda o corpo. Isso permite dizer que “só podemos atribuir ao mesmo móbil um único movimento pois só existe uma determinada quantidade de corpos que o podem tocar ao mesmo tempo” (DESCARTES, 1985, p. 71). Porém, para que essa vizinhança contígua possa servir de referencial, é necessário fixá-la, atribuindo-lhe o estado de repouso. Isso significa dizer que a atribuição de movimento a um corpo ainda se faz mediante a sua relação com outros; de tal modo que, se porventura fixarmos o corpo ao qual antes atribuíamos movimento, teremos que atribuir movimento à sua vizinhança contígua, que anteriormente havíamos posto em repouso. Além disso, da substituição da noção de corpo pela de “tudo aquilo que é transportado conjuntamente”, decorre o fato de que um mesmo corpo pode participar de diversos movimentos distintos, na medida em que compõe várias partes de matéria:

Por exemplo, se um marinheiro ao passear no seu barco trazer consigo um relógio, ainda que as rodas deste tenham um único movimento que lhes é próprio, é claro que fazem parte do movimento do marinheiro que passeia, uma vez que constituem um corpo que é conjuntamente transportado; também

[...] participam do movimento do barco, [...] do mar, [...] e também do da Terra (DESCARTES, 1985, p. 72).

Desse modo, Descartes admite que, embora haja apenas um movimento que se pode atribuir verdadeiramente a determinado corpo, os inúmeros movimentos dos quais ele participa – como parte de outros corpos –, igualmente, pertencem a ele: “todos estes movimentos estão nas rodas deste relógio” (DESCARTES, 1985, p. 72). Entretanto, somente podemos ter um conhecimento certo daquele movimento que é próprio de cada corpo, e portanto, bastará que este seja considerado.

O fato de Descartes estabelecer como referencial para o movimento verdadeiro a vizinhança contígua do corpo considerado, ao invés de um referencial distante, aponta para um importante elemento do mecanicismo cartesiano, a saber, o projeto fundamentar as explicações mecânicas na ação direta de uma porção de matéria sobre outra, ou seja, na ação por contato. Isso eliminaria da filosofia natural quaisquer explicações que incluíssem ações à distância, bem como qualidades ocultas ou outras características que multipliquem a complexidade, atribuindo causas diferentes a fenômenos que poderiam ser explicados por uma única causa. Assim, Descartes estabelece as leis do movimento que, como um conjunto restrito e bem delimitado, submeteriam as explicações de todos os fenômenos relativos ao mundo material.

No parágrafo 36 do Livro II dos Princípios, Descartes apresenta duas causas para o movimento: uma universal e outra, particular. A primeira é Deus que, ao criar a matéria, impôs a ela uma certa quantidade de movimento. Essa quantidade permanece inalterada se considerada no todo, mas pode variar quando se trata de porções particulares da matéria. Neste segundo caso, a causa particular do movimento de um corpo é a transmissão da mesma quantidade de movimento por um outro corpo ou porção de matéria.

Deus, tendo posto as partes da matéria em movimento de diversas maneiras, manteve-as sempre a todas da mesma maneira e com as mesmas leis que lhes atribuiu ao criá-las e conserva incessantemente nesta matéria uma quantidade igual de movimento (DESCARTES, 1985, p. 75).

Na medida em que toda a diversidade da matéria tem o movimento como princípio, as leis que regem o movimento devem reger toda a Natureza que, nada mais é do que a diversidade em que a matéria se apresenta. Sendo Deus a causa primeira do movimento, as causas particulares dos diversos movimentos são, segundo Descartes, as Leis da Natureza, ou seja, a maneira como o movimento é transferido de uma porção de matéria para outra. É a regularidade garantida por Deus que o autoriza a estabelecer a regularidade das leis:

Como Deus não está sujeito a mudanças, agindo sempre da mesma maneira, podemos chegar ao conhecimento de certas regras a que chamo as Leis da Natureza, e que são as causas segundas, particulares, dos diversos movimentos que observamos em todos os corpos [...] (DESCARTES, 1985, p. 76).

Retomando o percurso feito até aqui, a concepção cartesiana do movimento, descrita acima, está fundamentada no dualismo metafísico, posto que é a partir dele que Descartes pode sustentar as colunas principais de seu sistema de mundo: a extensão como atributo essencial e exclusivo da matéria – visto que a alma é puro pensamento sem extensão – e a identidade entre espaço e extensão. Daí decorre um mundo homogêneo e sem vazios em que o movimento exerce um papel mediador na medida em que gera, a partir da matéria extensa, todas as demais qualidades. E, por isso mesmo, e pela regularidade garantida por Deus, as leis do movimento são as leis que regem a Natureza, tendo em vista que ela é a própria diversidade gerada pelo movimento. Igualmente, é produto dessa identidade entre matéria e extensão, a definição de movimento segundo a qual, para se atribuir movimento a um corpo, deve-se levar em conta sua vizinhança contígua e não os corpos distantes ou pretensas partes do espaço. Pode-se dizer, então, que todo o sistema mundi cartesiano tem como fundamento último o dualismo metafísico, o princípio da identidade entre matéria e espaço e a concepção de movimento decorrente desses princípios.

2 A crítica newtoniana e a nova noção de movimento e de matéria

O texto do *De gravitatione* apresenta uma crítica significativa por parte de Newton aos princípios da filosofia natural cartesiana. Porém, é preciso levar em conta que esse manuscrito não foi pensado com o propósito de uma publicação ou outro tipo de divulgação. Trata-se de anotações de Newton que evidenciam um movimento de afastamento dos princípios de Descartes mas que, ao mesmo tempo, mostram que Newton ainda não havia rompido totalmente com o modelo cartesiano³. Assim, esse afastamento dos princípios cartesianos não é, inicialmente, conduzido por uma discordância a respeito do modelo de explicação que sustenta o sistema mundi de Descartes. O que parece ocorrer é que Newton se dá conta de que essa noção cartesiana de movimento conduz a inconsistências, de um ponto de vista mecânico. Então, são as dificuldades de ordem mecânica, decorrentes dessa noção de movimento, que conduzem Newton a pôr em questão os princípios e acabar por reestabelecer todas as bases da filosofia natural. A crítica à noção cartesiana de movimento está dividida em duas etapas: em primeiro lugar, Newton mostra em que medida ela se contradiz internamente; e, a seguir, apresenta as consequências absurdas que dela podem ser retiradas.

A primeira entre as contradições internas refere-se a uma passagem que se encontra na Parte Terceira dos Princípios, Artigo 140. Lá, Descartes afirma que a Terra, assim como os outros planetas, tem uma tendência a afastar-se do Sol, e por isso mantém sua devida distância com relação a ele. Nesse caso, fica claro que o Sol é estabelecido como referencial para o movimento dos planetas. Porém, se o Sol é um corpo distante, isso caracteriza justamente a noção vulgar de movimento que já havia sido rejeitada. Do mesmo modo, “Descartes parece contradizer-se ao postular que a cada corpo compete um movimento individual, conforme à natureza das coisas” (NEWTON, 1979, p. 212). A contradição reside no fato de, segundo Newton, a vizinhança contígua que Descartes toma por referência não estar necessariamente em repouso, mas apenas parecer estar. Aliás, é o próprio sujeito quem a considera em repouso a fim de atribuir movimento a um determinado corpo. Então, como se poderia afirmar que esse movimento é o único conforme a

natureza das coisas, visto que seu referencial foi deliberadamente estabelecido? E, por último, Descartes sustenta que, embora todo corpo participe de incontáveis movimentos, enquanto parte de outros corpos, cada um deles possui apenas um movimento “segundo a verdade das coisas”. A contradição está em afirmar que certos movimentos não são conforme a verdade das coisas, admitindo, ao mesmo tempo que eles constituem movimentos realmente naturais, na medida em que o corpo realmente faz parte do movimento de outros corpos. Segundo Newton, se os movimentos são “realmente naturais”, não se pode negar que eles sejam conformes à verdade das coisas. Desse modo, Newton pretende mostrar que a distinção entre movimento vulgar e verdadeiro encontra seus limites no interior da própria teoria cartesiana, na medida em que, mesmo Descartes, utiliza o movimento, em sentido vulgar, na explicação dos fenômenos que fazem parte “realmente” da natureza.

Após mostrar essas contradições ditas “internas”, Newton inicia uma segunda parte dessa crítica, em que são elencadas oito consequências do ensinamento de Descartes no que concerne ao movimento. Essas consequências consistiriam em grandes absurdos no campo da mecânica. Em primeiro lugar, considerando um corpo qualquer, em movimento, poderíamos afirmar que apenas sua superfície externa move-se no sentido estrito do movimento cartesiano. Isso porque essa superfície pode ser tomada como a vizinhança contígua de suas partículas internas: se elas não se deslocam com relação à superfície externa, elas não se movem com o movimento do corpo, propriamente dito, mas apenas participam desse movimento. Em segundo lugar, não há efetivamente um movimento verdadeiro e absoluto, na noção cartesiana: ao atribuímos movimento a um corpo, em sentido próprio, não podemos negar essa atribuição às suas partes, ainda mais se admitirmos que elas participam desse movimento. Ou seja, se um corpo participa do movimento de diversos outros, como afirma Descartes, todos esses movimentos estão em suas partículas, “no sentido verdadeiro e filosófico”. Como terceira consequência, o movimento, no sentido cartesiano, pode ser gerado sem a ação de nenhuma força. Por exemplo, se um corpo em rotação e cuja vizinhança contígua encontra-se no mesmo estado, afirmamos que ele está em repouso pois não se desloca com relação a ela. Entretanto, se pararmos essa vizinhança sem aplicar nenhuma força ao corpo, do mesmo corpo diz-se que, agora, está em movimento. Disso decorre a

quarta consequência, ainda mais espantosa: pelas mesmas razões, “o próprio Deus poderia não gerar movimento em alguns corpos, mesmo que os impulsionasse com a maior força” (NEWTON, 1979, p. 214).

Em quinto lugar, seguindo a concepção cartesiana, dois corpos em repouso podem mudar suas posições relativas. O exemplo mais evidente é o dos planetas: eles estão em repouso, visto que não se movem com relação à sua vizinhança, ou seja, ao fluido que os envolve. Porém, a posição de cada um deles varia constantemente com relação aos outros. Diretamente ligada a esta última, a sexta consequência é a de que dois corpos que mantêm a mesma posição relativa podem estar um em repouso e o outro em movimento. E, em sétimo lugar, Newton afirma que nem sempre podemos dizer com segurança da vizinhança contígua de um certo corpo, se ela está em repouso ou em movimento.

Por fim, a oitava consequência, por si só, evidenciaria o absurdo do ensinamento de Descartes, segundo Newton, porque tal ensinamento nos “leva a concluir que um corpo em movimento não tem nenhuma velocidade determinada e nenhuma linha definida” (NEWTON, 1979, p. 216). Ou seja, essa oitava consequência abala diretamente as duas primeiras leis cartesianas do movimento: “não se pode afirmar que a velocidade de um corpo que se move sem resistência seja uniforme, nem se pode dizer que é reta a linha na qual se efetua o seu movimento” (NEWTON, 1979, p. 216). Essa última consequência carece de maiores explicações.

Primeiramente, é preciso retomar a noção cartesiana de lugar, determinado pela posição da vizinhança contígua ao corpo que se está considerando. A primeira dificuldade decorrente dessa noção consiste em determinar o ponto de partida do movimento desse corpo, o que, para Newton, é simplesmente impossível, nesse contexto. Isso porque, ao iniciar o movimento, aquela vizinhança, que anteriormente circundava o corpo, é desfeita. Assim, o lugar existiria apenas enquanto os corpos guardam entre si as mesmas posições. Mesmo que se pretenda, utilizando a concepção vulgar, determinar o lugar de início do movimento a partir de corpos distantes, o problema se manteria, pois todos os corpos participam do movimento de outros, ainda que não estejam verdadeiramente em movimento. Então, assim que o corpo deixa o seu lugar de origem, esse lugar deixa de existir, e portanto, não pode mais ser determinado.

Visto que não se consegue encontrar o ponto de origem do movimento, não é possível determinar o espaço percorrido pelo corpo. Desse modo, não há como determinar a distância percorrida e, por essa razão, visto a velocidade depende da distância percorrida, Newton conclui que “o movimento cartesiano não é movimento, pois não tem velocidade” (NEWTON, 1979, p. 217).

O mesmo – afirmado a respeito do ponto inicial do movimento – se aplica aos seus pontos intermediários. Assim, as duas primeiras leis do movimento estão comprometidas: a primeira, porque não se pode afirmar que a velocidade de um corpo que se move sem resistência é uniforme, uma vez que nem mesmo se pode determinar a velocidade; a segunda, pela impossibilidade de se obter a localização dos pontos intermediários do movimento, o que evidentemente impediria de afirmar que um corpo se desloca em linha reta.

Desse modo, pode-se dizer que o ponto mais relevante da concepção cartesiana, em termos das consequências nefastas para a mecânica é a definição de lugar. Essa definição tem como produto uma concepção de movimento que gera, por sua vez, as tais consequências absurdas. Porém, esta definição está firmada em certas bases que, justamente por isso, serão igualmente alvejadas Newton. O percurso feito até aqui parece deixar claro que o problema da definição cartesiana de lugar é que ela se estrutura a partir de corpos que, de um modo ou de outro, estão constantemente em movimento. Segundo Newton, é preciso que se encontre algo destituído de movimento a que se possa referir a definição de lugar e, assim, possibilite uma coerente atribuição de movimento aos corpos, o que não seria possível sem diferenciar, contrariando Descartes, matéria e extensão:

Uma vez que Descartes parece haver demonstrado [...] que o corpo não difere em absoluto da extensão, [...] a fim de que não permaneça dúvida alguma acerca da natureza do movimento, responderei a esse argumento explicando o que é a extensão e o que é o corpo, e como diferem um do outro (NEWTON, 1979, p. 218)⁴.

O resultado dessa crítica já estava antecipado nas quatro definições que iniciam o manuscrito *De Gravitatione*, e que apontam para uma substancial diferença entre seu sistema mundi e o cartesiano: “Lugar é uma parte do espaço que uma coisa enche adequadamente”, “Corpo é aquilo que enche um lugar”, “Repouso é a permanência no

mesmo lugar” e “Movimento é a mudança de lugar”. Fica evidente a distinção entre corpo e espaço que atinge uma das bases da doutrina cartesiana, no que se refere ao mundo físico: a identidade entre matéria e extensão. Da mesma maneira, a definição de movimento leva em conta as partes do espaço, ao invés da posição dos corpos vizinhos, como em Descartes. São estes os dois alvos principais da crítica newtoniana a Descartes, nesse manuscrito. Tendo destruído, pela crítica, o princípio cartesiano da identidade substancial entre matéria e extensão, resta ainda, para Newton, a tarefa de redefinir essa extensão e, o que é ainda mais difícil, a matéria ou, nos termos newtonianos, os corpos.

Essa tarefa é iniciada por sua parte negativa, ou seja, a de explicar o que a extensão não é. Em primeiro lugar, a extensão não é um nada absoluto: ela tem uma maneira própria de existir. Entretanto, ela não é uma substância, nem um acidente, pois sua maneira de existir difere da maneira de um e de outro. Difere da substância, porque a extensão “não é absoluta em si mesma, mas é antes como se fosse um efeito emanente de Deus” (NEWTON, 1979, p. 218). Além disso, aceita-se que a substância deve ter a capacidade de agir sobre as coisas. Por exemplo, os corpos são móveis e podem excitar os sentidos. Segundo Newton, não fossem essas capacidades, e outras semelhantes, dificilmente, os corpos seriam caracterizados como substâncias.

Difere, igualmente, do atributo, “já que podemos conceber claramente a extensão existindo sem qualquer sujeito” (NEWTON, 1979, p. 218) Newton afirma que podemos imaginar espaços fora do universo, ou seja, lugares onde não existem corpos e, nem por isso, a própria extensão deixa de existir. Se Deus destruísse um corpo, não se seguiria que o espaço que ele ocupava devesse também deixar de existir. Vê-se, então, que a extensão não é um acidente, na medida em que sua existência não depende de nenhum sujeito.

Por fim, não se pode definir a extensão como um nada. Segundo Newton, “ela é alguma coisa real, mais real do que um acidente, aproximando-se mais da natureza da substância” (1979, p. 218). Isso se justifica pelo fato de que temos uma ideia clara da extensão, independentemente dos corpos; e, do nada não se pode ter ideia alguma. Além do mais, o nada não tem propriedades. Por esse motivo, Newton passa a enumerar as propriedades da extensão, pretendendo demonstrar que a extensão é alguma coisa

e, ao mesmo tempo, “descrever o que ela é positivamente”.

Poderíamos afirmar que o ponto de chegada da crítica ao movimento cartesiano é a afirmação de que

[...] é necessário que a definição de lugares, e consequentemente também dos movimentos locais, seja referida a alguma coisa destituída de movimento, tal como a extensão sozinha, ou o espaço, na medida em que se vê que este se distingue dos corpos (NEWTON, 1979, p. 217).

A partir desse ponto, Newton vai expor as bases do seu próprio sistema. Então, já que está provada a necessidade de se considerar a “extensão sozinha”, é preciso mostrar em que consiste positivamente essa extensão, enumerando suas propriedades. Esse passo é o fundamento de um dos mais importantes princípios do sistema mundi newtoniano.

Quanto às propriedades da extensão, primeiramente, ela pode ser distinguida em partes. Isso não significa dizer que essas partes podem ser separadas, mas que podemos considerar superfícies que exercem a função de limite entre as partes do espaço. Ao tomarmos duas partes quaisquer do espaço, admitiremos necessariamente que o limite entre elas é uma superfície sem profundidade, caso contrário, as partes consideradas interpenetrar-se-iam em toda a profundidade dessa superfície-limite. Pelas mesmas razões, as superfícies podem ser distinguidas em linhas que não possuem largura, e estas, por sua vez, em pontos que não possuem dimensões. Considerando que cada uma dessas partes é contígua a outras partes do espaço, Newton afirma que “em toda parte existem limites comuns a partes contíguas” (1979, p. 219). Se é assim, em toda parte existem superfícies, linhas e pontos-limite; e, portanto, “toda espécie de figuras”. Ou seja, quando uma figura qualquer passa a ser percebida pelos sentidos como existente, isso não quer dizer que ela foi produzida. Apenas, sua representação corpórea tornou sensível o que “anteriormente era insensível no espaço”. Essa propriedade da extensão será condição para uma posterior explicação da natureza dos corpos.

Se cada parte do espaço é contígua a outras, é porque a extensão é infinita em todas as direções, ou seja, considerando um limite qualquer no espaço, não poderemos conceber nada além dele que não seja outro espaço. Assim, Newton caracteriza

a extensão como infinita, mas podendo ser distinguida em partes que, entretanto, não podem ser separadas. Isso significa que não pode haver movimento das partes do espaço, pois, se fosse o caso, seríamos obrigados a reconhecer uma parte do espaço se move afastando-se das partes que lhe eram contíguas. Essa era justamente a base da concepção cartesiana, cuja absurdidade, segundo Newton, já foi suficientemente demonstrada. Fica, então, provada, pela própria crítica ao movimento cartesiano, a inconsistência de um espaço cujas partes são móveis. Além do mais, o único elemento que confere individuação às partes do espaço é a ordem em que elas se encontram. Assim, não faz sentido afirmar que uma parte do espaço mudou sua posição, pois, nesse caso, ela deixaria de ser aquela parte para ser outra⁵.

Nem as partes da duração nem as do espaço apresentam qualquer indício de individualidade, se abstrairmos dessas ordem e posição recíprocas, as quais, por conseguinte, não podem ser alteradas (NEWTON, 1979, p. 222).

A propriedade seguinte é a de que o espaço constitui uma “disposição do ser enquanto ser”. Nesse ponto, Newton retoma a crítica ao dualismo cartesiano, afirmando que nenhum ser pode existir sem que mantenha alguma relação com o espaço. Isso contraria radicalmente o dualismo; pois, na medida em que a extensão é atributo essencial do corpo, ela não pode pertencer às substâncias imateriais, nem mesmo como atributo não essencial. Se for assim, segundo Newton, tais substâncias nem ao menos existem: não estão em “nenhum lugar, nem em algum lugar”. Ao contrário, todo tipo de substância tem relação com o espaço: “Deus está em toda parte, as inteligências criadas estão em algum lugar, o corpo está no espaço que ocupa” (NEWTON, 1979, p. 222). É evidente que essa concepção da extensão, imóvel e distinta da matéria, torna-se fundamento para a formulação do conceito newtoniano de espaço absoluto.

Em um primeiro momento, a explicação da natureza dos corpos se faz, por sua vez, em comparação com a natureza do espaço. A última propriedade do espaço – apresentada por Newton antes da explicação da natureza do corpo – é a de que “o espaço é eterno em sua duração e imutável em sua natureza” (NEWTON, 1979, p. 223). Se todas as substâncias devem ter alguma relação com o espaço

para existir, afirmar que o espaço não existiu em algum momento, é comprometer a existência de Deus; pois, nesse tal momento, “Deus não teria estado em nenhum lugar”. Daí se segue que não se pode negar a existência do espaço. Opondo-se a isso, “o corpo não existe necessariamente, mas apenas em virtude da vontade de Deus” (NEWTON, 1979, p. 223).

Assim, enquanto que a existência do espaço tem um caráter necessário, esse não é o caso dos corpos e nisso reside a grande dificuldade em se conhecer a sua natureza. Isso porque, não podemos conhecer os limites do poder de Deus, ou seja, não sabemos como a matéria foi criada e se poderiam haver outros modos de cria-la. Diante de tal dificuldade, Newton afirma que não possui um conceito claro e distinto sobre isso. Por essa razão, ele não se compromete em afirmar positivamente qual a natureza dos corpos:

[...] prefiro descrever uma determinada espécie de ser, em tudo semelhante aos corpos, e cuja criação não podemos negar que esteja dentro do poder de Deus, de sorte que dificilmente podemos dizer que não seja corpo (NEWTON, 1979, p. 223).

Em primeiro lugar, a descrição de tal ser semelhante aos corpos é deduzida da nossa faculdade de mover os próprios corpos. O argumento é o seguinte: se todo homem pode mover seu próprio corpo exclusivamente pelo pensamento e a faculdade de pensamento é infinitamente maior em Deus, então o livre poder de mover os corpos não pode ser negado a Deus:

[...] com base no mesmo argumento deve-se admitir que Deus, exclusivamente pelo pensamento e pela vontade, pode evitar que um corpo penetre qualquer espaço definido por certos limites. (NEWTON, 1979, p. 224).

Assim, supondo que Deus exercesse esse poder, ou seja, fizesse com que algum espaço fosse impenetrável aos corpos e, por conseguinte, refletisse a luz, o que nos impediria de considerar esse espaço limitado como um verdadeiro corpo? Nada, segundo Newton. Tal evidência seria fornecida pelos sentidos⁶: a impenetrabilidade faria com que esse espaço fosse tangível; a reflexão da luz o tornaria visível, opaco e colorido; e, ao ser atingido ele ressoaria como um verdadeiro corpo.

Contudo, esse espaço que, por hipótese, foi considerado como dotado por Deus de impenetrabilidade, até então, não está dotado de movimento, visto que se trata de uma parte do espaço imóvel. Então, para que esse determinado espaço possua todas as propriedades de um corpo, somos forçados a conceder que a impenetrabilidade possa ser transportada no espaço, segundo certas leis, sem que se alterem a quantidade e a forma desse espaço impenetrável. Ao aceitarmos essa premissa, somos levados a concluir que não há nenhuma propriedade dos corpos que esse espaço não possua: “teria forma, seria tangível e móvel, seria também capaz de refletir e ser refletido, constituindo também uma parte da estrutura das coisas” (NEWTON, 1979, p. 224). Desse modo, esse tal “ser semelhante aos corpos” seria “o produto da inteligência divina realizado em uma quantidade definida do espaço” e, portanto, seria capaz de operar sobre as nossas inteligências. Por um lado, Deus tem o poder de, apenas pela própria vontade, estimular a nossa percepção. Contudo, ele pode, igualmente, fazê-lo através dos efeitos da sua vontade.

Então, supondo que todo o universo seja composto por esses seres, ele não se comportaria de forma diferente daquela que percebemos, de tal modo que, “tais seres ou seriam corpos, ou semelhantes a corpos”. Isso permite que Newton defina os corpos do seguinte modo: “determinadas quantidades de extensão que o Deus onipotente dota de certas condições” (1979, p. 224).

Newton expõe, então, três condições a fim de definir o que são os corpos. Primeiramente, eles devem ser móveis. Já que são quantidades do espaço absoluto, os corpos distinguem-se deste pela mobilidade, ou seja, por poderem ser deslocados de um espaço ao outro. A segunda condição é a impenetrabilidade: dois corpos não podem coincidir na mesma parte do espaço. Quando eles se encontram, devem parar e serem refletidos conforme as leis do movimento. Por fim, estes seres, para que sejam corpos, devem atingir a nossa inteligência, excitando as percepções dos sentidos e da imaginação. Entretanto, em certo sentido, Newton não se compromete com uma definição positiva da natureza dos corpos, visto que as condições acima citadas são inferidas a partir de uma hipótese, qual seja, a de que aqueles seres, dotados por Deus de impenetrabilidade e mobilidade, sejam os mesmos corpos que afetam as nossas inteligências.

Considerando a crítica à concepção cartesiana de movimento e a consequente distinção entre espaço e matéria, Newton vê-se diante da tarefa de estabelecer, igualmente, uma nova concepção de movimento que se apoie nos fundamentos erguidos a partir da crítica. Entretanto, essa tarefa escapa ao texto do *De gravitatione*. Tomaremos o texto dos *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, mais precisamente o Escólio das Definições, que, embora muito posterior ao manuscrito considerado acima, mantém com ele estrita coerência. Porém, justamente por ser um texto posterior – e escrito tendo em vista sua publicação – concentra uma versão mais madura da mecânica newtoniana que exclui completamente qualquer adesão ao modelo de Descartes⁷.

Vimos que o ponto central da crítica diz respeito à definição do lugar a partir do qual se estabelece o movimento de um corpo. Por essa razão, iniciemos tratando da distinção newtoniana entre lugar relativo e absoluto. Newton define o lugar como “uma parte do espaço que um corpo ocupa” (1990, p. 6). Se o lugar é definido com relação ao espaço absoluto, então dizemos que é lugar absoluto; analogamente, se é definido com relação ao espaço relativo, é lugar relativo. Vale retomar, aqui, que o espaço absoluto é aquele que “em sua natureza, sem relação com qualquer coisa externa, permanece similar e imóvel” (NEWTON, 1990, p. 7). Já o espaço relativo é uma medida móvel do espaço absoluto, determinada, através dos sentidos, por sua posição com relação aos corpos. O espaço relativo é, muitas vezes, tomado como imóvel. Por exemplo, medimos os espaços subterrâneos, aéreos e terrestres por meio de suas posições com relação à Terra.

Segundo Newton, os únicos movimentos absolutos são as translações a partir dos lugares absolutos. Entretanto, as partes do espaço não podem ser distinguidas pelos sentidos e, por isso torna-se impossível distinguir, pelos sentidos, o movimento relativo do movimento absoluto; além do mais, “pode ser que não haja um corpo realmente em repouso, com relação ao qual os lugares e movimentos de outros possam ser referidos” (NEWTON, 1990, p. 9). Nesse caso, o que permitiria a distinção entre as duas espécies de movimento? Ou seja, a questão é a de saber o que permitiria a Newton escapar da sua própria crítica, na medida em que uma das consequências absurdas da concepção cartesiana de movimento era justamente a impossibilidade de distinguir o movimento absoluto entre os vários

movimentos de um corpo. A resposta que Newton oferece a essa questão é a de que é possível diferenciar movimento absoluto de movimento relativo – e, analogamente, repouso absoluto de repouso relativo – por meio das suas propriedades, causas e efeitos.

Retomando aquelas consequências da concepção cartesiana de movimento, ao determinar conceitualmente as propriedades, causas e efeitos do repouso e do movimento absolutos, Newton parece que pretende oferecer as razões pelas quais sua concepção de movimento escapa à crítica, que ele próprio dirige, à concepção cartesiana, no que se refere às suas consequências. Primeiramente, Newton afirma que o repouso tem como propriedade “que os corpos realmente em repouso repousem uns com relação aos outros” (1990, p. 9). Recordemos as consequências quinta e sexta, expostas acima. Newton afirmara, referindo-se ao “ensinamento cartesiano”, que

Parece contrário à razão admitir que os corpos mudam suas distâncias e posições relativas sem movimento físico [...] por outra parte, parece igualmente contrário à razão admitir que, de vários corpos que mantêm as mesmas posições relativas, alguns se movem fisicamente, ao passo que outros permanecem em repouso (NEWTON, 1979, p. 215).

Ora, ao introduzir as noções de lugar, movimento e repouso absolutos, Newton assegura que os corpos em repouso mantenham suas posições relativas. Embora não tenhamos acesso ao lugar absoluto por meio dos sentidos, podemos supor um corpo, nas regiões remotas para além das nossas, que esteja verdadeiramente em repouso. Se é esse o caso, os corpos das nossas regiões que estiverem em repouso absoluto devem manter suas posições com relação a esse corpo e, conseqüentemente, suas posições recíprocas.

A segunda propriedade é a de que as partes que conservam suas posições com relação ao seu todo participam do movimento desse todo. Novamente, recordemo-nos da primeira consequência do ensinamento de Descartes, qual seja, a de que somente a superfície externa move-se com o movimento do corpo, ao passo que a superfície interna move-se por participação. Isso ocorre, como vimos, em virtude de a definição cartesiana de lugar dar-se a partir da vizinhança contígua. Tendo Newton mostrado o absurdo desse procedimento, e estabelecido como referência um

lugar (ou corpo) externo àquele ao qual se atribui o movimento, suas partes compartilham verdadeiramente desse movimento, enquanto mantiverem suas posições com relação a ele.

A terceira propriedade é a de que

[...] se um lugar é movido, seja o que for colocado ali dentro move-se junto com ele; e, portanto, um corpo que é movido a partir de um lugar em movimento, compartilha também do movimento do seu lugar (NEWTON, 1990, p. 10).

Então, os movimentos que se dão a partir de lugares em movimento são apenas partes do movimento inteiro, absoluto. Este, por sua vez, é composto pelo movimento do corpo com relação ao seu lugar, somado ao movimento desse lugar com relação ao lugar a partir do qual se move, e assim por diante até que se tenha como referência o espaço imóvel. Não por acaso, Newton nos remete ao exemplo do marinheiro no navio, usado por Descartes ao afirmar a variedade de movimentos de um mesmo corpo, e por ele próprio na segunda consequência exposta na sua crítica. Entretanto, aqui, Newton desfaz o problema que apontara em Descartes, a saber, o de que cada corpo possui inúmeros movimentos e nenhum deles pode ser considerado absoluto. Consideremos o exemplo: “se a Terra está realmente em repouso, o corpo que está relativamente em repouso no navio, real e absolutamente se moverá com a mesma velocidade que o navio tem na Terra. Mas se a Terra também se mover, surgirá o movimento verdadeiro e absoluto do corpo em parte devido ao movimento verdadeiro da Terra, em espaço imóvel, e em parte devido ao movimento relativo do navio na Terra”.

Novamente, o movimento absoluto se distingue do relativo por suas propriedades, causas e efeitos. Passemos, então, à consideração das causas pelas quais se garante essa distinção: “as forças imprimidas sobre os corpos para gerar movimento”. As consequências terceira e quarta, da crítica, nos mostraram que, segundo a concepção cartesiana, o movimento pode ser gerado sem a ação de uma força e, por isso, o próprio Deus não poderia gerar movimento em alguns corpos. Contra isso, Newton afirma que “o movimento verdadeiro não é nem gerado nem alterado, a não ser por alguma força imprimida sobre o corpo movido” (1990, p. 11), e nisso ele distingue-se do movimento relativo que, este sim, pode ser gerado

ou alterado sem a ação de força alguma. Voltando ao caso em que um corpo se move a partir de um lugar em movimento, se uma força é aplicada a esse corpo, mas também é aplicada ao lugar, sua condição não se altera. Por outro lado, como o movimento absoluto ocorre a partir do espaço imóvel, toda e qualquer força aplicada a um corpo, tomado deste modo, altera o seu estado:

E, portanto, qualquer movimento relativo pode ser modificado quando o movimento verdadeiro permanece inalterado, e o relativo pode ser preservado quando o verdadeiro sofre qualquer modificação. Assim, movimento verdadeiro de modo algum consiste em tais relações (NEWTON, 1990, p. 11).

Finalmente, tratemos dos efeitos que distinguem o movimento absoluto do relativo. Esses efeitos são, segundo Newton, “as forças que agem no sentido de promover um afastamento a partir do eixo do movimento circular” (NEWTON, 1990, p. 11). A fim de ilustrar essa afirmação, Newton utiliza-se da consagrada “experiência do balde”. Trata-se de um balde suspenso por uma corda e girado de modo que esta fique torcida. O balde é enchido, então, com água e ambos são deixados em repouso. Em seguida, uma força é aplicada girando o balde para o lado contrário à torção da corda, fazendo com que ela se desenrole. No início do movimento, a superfície da água será plana; mas, conforme o balde for, gradualmente, comunicando-lhe movimento, a água começará a girar, afastando-se do meio e subindo pelos lados do balde. Assim, sua superfície tornar-se-á côncava. Em certo ponto da experiência, a água passa a realizar suas rotações nos mesmos tempos que o balde e, portanto, fica em repouso com relação a ele. Esse repouso é, obviamente, relativo. Entretanto, nesse ponto, pode-se medir o movimento absoluto da água por intermédio dessa tendência a afastar-se do eixo do seu movimento, tendência essa que chega ao seu ápice quando a água atinge o repouso com relação ao balde. Notemos, porém, que com isso Newton não pretende provar, por vias experimentais, a existência do movimento ou do espaço absolutos; antes, pretende mostrar de que modo os movimentos absolutos podem ser evidenciados por seus efeitos. Assim, somente por meio das propriedades, causas e efeitos do movimento absoluto é que ele pode ser diferenciado do movimento relativo, evidenciando,

consequentemente, a diferenciação, que não pode ser feita por meio dos sentidos, entre o espaço absoluto, imóvel e o espaço relativo.

A crítica de Newton à concepção cartesiana de movimento atinge não apenas esse conceito, mas também todo o sistema e seus fundamentos. Isso porque o movimento assume, no sistema cartesiano, um estatuto privilegiado de mediador entre a matéria homogênea (essencialmente idêntica à extensão) e toda a diversidade em que ela se manifesta. Por isso mesmo, os princípios mecânicos do movimento são, em última análise, as Leis da Natureza, ou seja, as leis que regem o próprio sistema. Além disso, a definição de movimento, que se estabelece a partir da vizinhança contígua do corpo considerado, é fruto direto do princípio segundo o qual a matéria é idêntica ao próprio espaço.

Entretanto, as dificuldades insuperáveis, de ordem mecânica, a que conduziu tal concepção de movimento evidenciaram, através da crítica de Newton, a necessidade de pôr em questão, igualmente, os seus fundamentos: primeiramente, a identidade essencial entre matéria e extensão e, conseqüentemente, o dualismo metafísico. A identidade essencial entre matéria e extensão⁸ produz uma definição de lugar, a partir do qual se atribui movimento a um corpo, que resulta em uma indeterminação do ponto de partida, da trajetória e da velocidade do corpo, que se considera em movimento, reivindicando, contraditoriamente, a impossibilidade do movimento.

A fim de desvencilhar-se da absurdidade dessa contradição, Newton estabelece a distinção entre a matéria, móvel, e o espaço indistinto e imóvel no qual os corpos se movem livremente: o espaço absoluto. Segue-se daí uma outra concepção de movimento: o movimento absoluto. Nessa concepção, o movimento refere-se não mais à vizinhança contígua do corpo, mas ao próprio espaço imóvel. Entretanto, se tal distinção oferece à mecânica newtoniana as bases de que ela precisa para avançar, as suas dificuldades metafísicas não podem ser desprezadas, a começar pela necessidade de admitir-se o vazio. Na filosofia natural newtoniana, tal distinção está diretamente relacionada à gravitação, como atração de uma porção de matéria por outra que, tendo em vista o espaço vazio, não contam com o auxílio de ações por contato. Entretanto, esse assunto merece maior profundidade, de modo que extrapola o objetivo deste artigo.

Notas

- 1 O conceito de “revolução científica” é central para a obra de Koyré. Seu texto mais conhecido, *Do mundo fechado ao universo infinito*, explora com detalhes essa passagem.
- 2 O título *De Gravitatione et Aequipondio Fluidorum* foi retirado da primeira frase do texto original (onde não constava título algum) por ocasião da publicação desse manuscrito por Hall e Hall (1962) e mantido por Luiz João Baraúna na edição utilizada aqui (1979).
- 3 Descartes explicava a órbita dos planetas e o movimento dos demais astros através do que ficou consagrado como “o modelo dos vórtices”. Em resumo, o espaço estaria preenchido por uma matéria sutil que se moveria em turbilhões cujos centros eram ocupados por estrelas. Os planetas seriam carregados, por essa matéria, em uma órbita em torno da estrela; no caso da Terra, ela seria carregada no turbilhão do Sol e, ela própria, teria em volta de si um turbilhão, ou vórtice, menor que carregaria a Lua. Descartes, entretanto, não se compromete com a realidade dessa explicação. Apenas afirma que o mundo funciona como se assim fosse, caracterizando uma “hipótese dos vórtices”, mais do que um “modelo dos vórtices”, propriamente. No manuscrito *De gravitatione*, Newton parece estar pensando a partir dessa hipótese cartesiana, embora critique seus fundamentos.
- 4 O objetivo dessa crítica é, segundo Newton, o de “assentar fundamentos mais verdadeiros para as ciências mecânicas” (DG p. 218).
- 5 Isso ocorre a exemplo da duração: “se o ontem pudesse mudar lugar com o hoje e pudesse tornar-se o último dos dois, perderia a sua individualidade e deixaria de ser o ontem, passando a ser o hoje” (NEWTON, 1979, p. 221).
- 6 Newton afirma que os sentidos são os únicos juízes nessa matéria.
- 7 Lembrando que o *De gravitatione* não se opõe à hipótese cartesiana dos vórtices.
- 8 Como vimos, a identidade essencial entre matéria e extensão fundamenta-se, diretamente, no dualismo metafísico.
- 9 Para mais detalhes a respeito das dificuldades com o conceito de gravitação, cf. Barra, 2010.

Referências

BARRA, E. S. O. A primazia das relações sobre as essências: as forças como entidades matemáticas nos *Principia* de Newton. **Scientiae studia**: revista latino-americana de filosofia e história da ciência, v. 8, n. 4, p. 547-569, 2010.

DESCARTES, R. **Regras para a orientação do espírito**. Trad. Maria E. Galvão. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

DESCARTES, R. **Princípios da filosofia**. Trad. João Gama. Lisboa: Edições 70, 1985.

_____. **Principia Philosophiae**. Paris: J. Vrin, 1982.

DESCARTES, R. **The Geometry of René Descartes**. Tradução D. Smith e M. Lathan. New York: Dover Publications, 1954.

GARBER, D. **Descartes' Metaphysical Physics**. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1992.

KOYRÉ, A. **Do mundo fechado ao universo infinito**. Rio de Janeiro: Forense, 2006.

NEWTON, I. **The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy**. Tradução I. B. Cohen e A. Whitman. Berkeley: University of California Press, 1999.

NEWTON, I. **Princípios matemáticos; óptica; o peso e o equilíbrio dos fluidos**. Tradução C. Lopes de Matos, P. R. Mariconda e L. J. Baraúna. São Paulo: Abril Cultural, 1979.

PANZA, M. **Newton**. Paris: Belles Lettres, 2003.

VUILLEMIN, J. **Mathématiques et Métaphysique chez Descartes**. Paris: Presses Universitaires de France, 1987.