

Natureza e Movimento: um estudo da física e da cosmologia aristotélicas^{1,2}

FÁTIMA REGINA R. ÉVORA

*Departamento de Filosofia
Universidade Estadual de Campinas
CAMPINAS, SP
faevora@unicamp.br*

Resumo: O objetivo deste artigo é discutir a teoria do movimento de Aristóteles que, por sua vez, está estreitamente associada a sua cosmologia, onde o Universo é concebido como aquilo que nunca foi gerado, nem é possível perecer, não teve começo, nem terá fim, visto que a matéria, ela mesma, nunca foi gerada.

Palavras-chave: Movimento. Cosmologia. Aristóteles. Primeiro motor.

1. Natureza: princípio do movimento aristotélico

De acordo com Aristóteles, no livro II da *Física*, entre todas as coisas que há, algumas são por natureza, como por exemplo, os animais e as partes deles, as plantas e, finalmente, os corpos simples (terra, fogo, ar e água); e todas elas manifestam-se diferentes em comparação com aquelas que não se constituem por natureza e que são por outras causas. Cada um dos seres que são por natureza “tem

¹ Este trabalho resultou da pesquisa apoiada pelo CNPq (Bolsa de produtividade de Pesquisa com o projeto “Os conceitos de Espaço, Lugar, Vazio e Movimento: de Filopono a Galileu”) e FAPESP (Projeto Temático intitulado: A Filosofia de Aristóteles, proc. N° 05/58322-7).

² Neste artigo retomamos algumas reflexões parcialmente exposta nos artigos ÉVORA, F. R., *Physis, kinesis, topos e kenon*: um estudo da teoria aristotélica do movimento, *Cadernos Espinosamos*, v. 8, 2002, p. 52-74 e ÉVORA, F. R., A crítica de Filopono de Alexandria à tese aristotélica de eternidade do mundo, *Analytica*, v.7, n.1, 2003, p. 15-47. Gostaria de agradecer a Márcio Damin Custódio, Tadeu Verza e Marcelo Moschetti, pelas críticas e sugestões.

em si mesmo princípio de movimento (*kineisthai*) e repouso (*ênemein*) – uns segundo o lugar, outros, segundo crescimento e definhamento, ao passo que outros, segundo alteração –; no entanto cama e veste, por sua vez; e qualquer outro gênero de tal tipo, na medida precisamente em que comportam a respectiva designação e enquanto são a partir da técnica³, não têm nenhum impulso inato para a mudança, mas, enquanto lhes sucede ser de pedra, de terra ou misturados a partir desses elementos, eles o têm, e nesta exata medida – pois a natureza é um certo princípio e causa pelo qual aquilo em que primeiramente se encontra move-se ou repousa por si mesmo e não segundo concomitância [*kata symbebekos*]⁴.” (ARIST., *Física*, II, 1, 192^b 8-22).

Portanto, Aristóteles toma a natureza como referência para dividir todos os seres. Segundo o Filósofo, “a natureza se diz de dois modos – forma e matéria –, e é assim deste modo que se deve estudar” (ARIST., *Física*, II, 2, 194^a 12). Portanto, é próprio da filosofia ou ciência da natureza conhecer tanto a forma quanto a matéria.

A matéria, segundo Aristóteles, está sujeita ao movimento, é “manifesto que, nas coisas naturais, o que é necessário é aquilo que se enuncia como matéria, bem como os seus movimentos. O filósofo da natureza deve estabelecer ambas causas, mas sobretudo a causa final, já que esta é a causa da matéria e não a matéria do fim” (ARIST., *Física*, II, 9, 200^a 30).

Mas, os corpos naturais também têm superfície e sólidos, bem como comprimento e pontos, a respeito dos quais o matemático faz seu estudo. Devemos portanto determinar em que diferencia a matemática da filosofia da natureza (física) (ver: ARIST., *Física*, II, 2, 193^b 22). João Filopono de Alexandria (490-570) ao comentar esta questão afirma que Aristóteles “distinguiu o matemático do es-

³ *Physis* e *téchne* são dois princípios das coisas. O termo *téchne* é usado com referência a aquilo que existe em virtude da *técnica* ou *arte*, que é um produto da *técnica* ou *arte*, e que uma vez produzido carece de atividade natural.

⁴ Para uma discussão a respeito da tradução de *kata symbebekos* por ‘segundo concomitância’ e não ‘por acidente’ como usualmente é traduzida, ver ANGIONI, 2000, p. 22, p.130-131 e 155-157.

tudioso da natureza ao dizer que o matemático considera as formas nas coisas naturais, mas como matemáticas, e não como naturais, separando-as de [seus] substratos, enquanto o filósofo da natureza as vê como inseparáveis e juntamente com a matéria” (FILOPONO, *In Physica*, 228.1, 5-8).

Contudo, os bem conhecidos termos “natureza” e “movimento”, em Aristóteles, são em si complexos e muitas vezes ambíguos, o que indica a necessidade de uma revisão sobre o assunto. Uma extensa discussão das várias interpretações que foram desenvolvidas no curso da tradição aristotélica sobre o tema seria é claro excessiva, mas uma revisão das principais posições que foram tomadas é, a nosso ver, apropriada.

De acordo com Aristóteles, “a natureza [*physis*] é princípio de movimento [*kinesis*] e de mudança [*metabolé*]; e é a Natureza que estamos investigando, assim devemos entender o que é o movimento, pois se o movimento não é conhecido, a natureza [*physis*] não é conhecida.” (ARIST., *Física*, III, 1, 200^b 12-5).

Nosso objetivo, portanto, neste artigo é discutir a teoria do movimento de Aristóteles, que por sua vez está estreitamente associada a sua cosmologia onde o Universo é concebido como aquilo que nunca foi gerado, nem é possível perecer, não teve começo, nem terá fim, visto que a matéria, ela mesma, segundo Aristóteles, nunca foi gerada. O Universo aristotélico é, portanto, eterno, como também são eternos, segundo ele, o movimento e o tempo⁵. Na cosmologia aristotélica, o Universo é único, contínuo e tem como estrutura básica o universo das duas esferas, composto por uma pequena esfera, a Terra, fixada no centro de uma segunda, vasta, porém finita, esfera em rotação que leva consigo as estrelas fixas, e é dividido em duas regiões nitidamente distintas: a celeste e a terrestre, ocupadas por materiais distintos e governadas por leis distintas. Cada uma das coisas, sejam aquelas pertencentes à região celeste ou à região terrestre, tem, segundo Aristóteles, seu lugar ‘natural’ e seu ‘movimento natural’ para este lugar. Ou seja, cada coisa no Universo aristotélico possui um lugar próprio, conforme sua natureza, e é só no seu lugar que se completa e se realiza um ser, e é por isso que este tende para lá

⁵ Ver: ARIST., *Física*, III, 8, 208^a 20-21.

chegar. O Universo aristotélico, portanto, é finito, hierarquicamente ordenado e ontologicamente diferenciado, segundo as qualidades dos elementos.

O movimento (*kinesis*), de acordo com a dinâmica aristotélica, é um processo de mudança (*metabolé*), um processo no qual o móvel nunca se encontra no mesmo estado: um corpo em movimento não só muda em relação aos outros corpos, mas, ao mesmo tempo está ele próprio submetido a um processo de mudança. E este processo sempre exige a ação contínua e direta de uma causa.⁶

Como toda mudança, o movimento, segundo Aristóteles, “é a atualidade (*entelékeia*) daquilo que há potencialmente, na medida em que há potencialmente esta atualidade” (ARIST., *Física*, III, 1, 201^a 9)⁷. Mas enquanto o movimento ocorre, embora haja uma atualidade, ela não é completa; ou seja, o “movimento (*kinesis*) parece ser um tipo de atualidade (*enérgeia*)⁸, mas incompleta, e a razão é que o potencial, do qual é atualidade, é incompleto” (ARIST., *Física*, III, 2, 201^b 31). Quando o movimento cessa, esta atualidade se completa. Portanto, pode-se dizer que para Aristóteles o movimento é uma transição da potencialidade (*dynamis*) ao ato (*enérgeia*), ou vice-versa.

⁶ Cabe notar que a idéia de causa presente no conceito de movimento que sustenta e apóia a física antiga e medieval é eliminada no conceito de movimento da mecânica galileano-cartesiana. De acordo com a mecânica moderna o movimento não mais corresponde a um processo de mudança, como ocorre na dinâmica aristotélica, mas é um estado inteiro e absolutamente oposto ao repouso, o outro estado, e como tal não necessita de uma causa para mantê-lo. Uma causa será necessária apenas para alterar o estado do corpo. Este novo conceito de movimento está no cerne do princípio de inércia, cuja formulação mais completa e final foi dada por Isaac Newton no seu *De Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, publicado em 1687. Newton, após a apresentação de oito definições, enuncia o princípio de inércia como seu primeiro axioma, diz ele: “Todo corpo persistirá em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta se não for compelido a modificar este estado por forças exercidas sobre ele” (NEWTON, *De Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, primeiro axioma).

⁷ Ver também: ARIST. *Metafísica*, XI, 9, 1065^b, 16.

⁸ Em ambas definições de movimento acima citadas (*Física*, III, 1, 209^a 9 e *Física*, III, 2, 201^b 31), os termos *enérgeia* e *entelékeia* são usados por Aristóteles como equivalentes.

Mas o movimento (*kinesis*) é um tipo particular de mudança (*metabolê*), é uma transição que ocorre gradualmente (em sucessivos estágios) de **um ser** em potência a **um ser** em ato, e vice-versa, pelo desenvolvimento de suas potencialidades. O movimento é uma mudança entre contrários (*enantia*). Além do movimento, há dois outros tipos básicos de mudança: 1) de um *não-ser* para um *ser*, ou seja, quando o sujeito da mudança vem a ser (*geração*); 2) de um *ser* para um *não-ser*, ou seja quando o sujeito da mudança se corrompe e deixa de ser (*corrupção*)⁹. Ambas, geração e corrupção de uma *ousia*, são mudanças por contradição¹⁰. “Mudança de um *não-ser* para um *não-ser* é impossível, pois não há oposição envolvida: eles não são nem contrários nem contraditórios” (ARIST, *Física*, V, 2, 225^a,5).

Embora todo movimento seja uma mudança, nem toda mudança é movimento, “a geração e corrupção, que são transições *de* e *para* opostos contraditórios, não são movimentos:... a única mudança que é movimento é aquela que vai de **um ser** a **um ser**, [a geração e a corrupção são mudanças que se realizam desde um *não-ser* a um *ser*, e vice-versa, respectivamente]” (ARIST. *Física*, V, 1, 225^b,1-5). Portanto, o estatuto ontológico do conceito aristotélico de mudança (*metabolê*), presente no livro V da *Física*, é mais abrangente que aquele do conceito de movimento (*kinesis*)¹¹.

⁹ “Toda mudança (*metabolê*) é de algo para algo. A própria palavra mostra isso: algo vem ‘depois’ de outro algo.... Uma vez que toda mudança é de algo para algo, há quatro possíveis modos dela ocorrer. Há uma mudança de uma *ser* para um *ser*, ou de um *não-ser* para um *ser*, de um *ser* para um *não-ser*, ou de um *não-ser* para um *não-ser*. Por um *ser* eu entendo algo significado por um termo afirmativo. Segue necessariamente a partir disso que há três tipos de mudanças: de um *ser* para um *ser*, de um *não-ser* para um *ser*, e de um *ser* para um *não-ser*.” (ARIST, *Física*, V, 2, 224^b 35-225^a 5).

¹⁰ Os opostos ser e não-ser são contraditórios e não contrários.

¹¹ Cabe notar que a distinção precisa entre movimento (*kinesis*) e mudança (*metabolê*) presente nos capítulos 1 e 2 do livro V [da *Física*], nem sempre se mantém em outras muitas partes da obra aristotélica, onde, por vezes, Aristóteles usou os dois termos gregos indiscriminadamente. Comentando a divisão aristotélica do movimento em suas espécies Tomás de Aquino diz: “quando Aristóteles define movimento no livro III [da *Física*] ele dizia a palavra ‘movimento’ como comum a todas as espécies de ‘mudança’. Aqui [no livro V]

Segundo Aristóteles, o movimento é uma mudança de estado, contínua e gradual, com respeito a cada uma das categorias formais nas quais a distinção entre atual e potencial pode ser feita. Portanto, “se as categorias dividem-se em existência substantiva, qualidade, lugar, tempo, relação, quantidade, atividade e passividade,¹² segue-se necessariamente, [conclui Aristóteles], que há três tipos de movimento: o qualitativo, o quantitativo e a locomoção” (ARIST., *Física*, V, 1, 225^b 5-10), pois o movimento, como foi visto acima, é uma transição de um *ser* a um *ser* – todo *ser* tem um contrário ou um intermediário – e cada uma destas três categorias (quantidade, qualidade e lugar) admite os contrários, enquanto a substância não, já que não há nenhum ser que seja contrário à substância. O termo relativo, por sua vez, não pode mudar, exceto acidentalmente, assim como não há movimento da atividade e da passividade tanto “no sentido mais amplo dos termos como quando eles são aplicados ao movimento agente e paciente, pois não pode haver movimento do movimento, nem geração da geração, nem, em geral, mudança da mudança” (ARIST., *Física*, V, 2, 225^b 15).

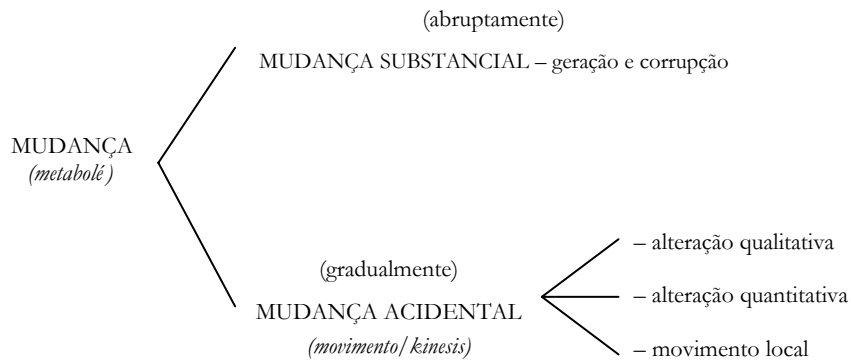
Assim o movimento, na dinâmica aristotélica, inclui a locomoção (*motus localis*), a alteração qualitativa (quente e frio) e a alteração quantitativa (crescimento e diminuição em matéria, *augmentatio* e *diminutio*, no estrito senso que ocorre nas coisas vivas, ou aumento e diminuição no volume, *rarefactio* e *condensatio*), e ocorre sempre em sucessivos estágios. Portanto, a temporalidade é um elemento essencial no conceito de movimento¹³. A mudança, por sua vez, é uma transição de potencialidade ao ato e vice-versa que inclui as transições com respeito a cada uma das três categorias formais que o movimento inclui, e também a mudança substancial (geração e corrupção, isto, é a criação e dissolução da substância), que corresponde à atualização de uma forma substancial em matéria e seu retorno à po-

ele atribui este significado a palavra ‘mudança’. E usa ‘movimento’ em um sentido mais limitado, como uma certa espécie de mudança” (AQUINO, in *Physica*, lib. V, Lect. 2, 649).

¹² Segundo Ross, “a omissão de *échein* e *keisthai* não é incomum; elas só ocorrem nas *Cat.* I^b 27, 2^a 2-3, *Top.* 103^a 23. Parece provável que Aristóteles as veja não como categorias mas como sub-categorias” (ROSS, 1966, p. 620).

¹³ Segundo Filopono, no seu comentário ao livro IV da *Física*, “não há [segundo Aristóteles] nenhum movimento sem tempo” (FILOPONO, in *Physica*, 676,20).

tencialidade da matéria que parece acontecer instantaneamente e não ocorre em graus¹⁴, assim, afirma Aristóteles, “é sempre com respeito à substância ou à quantidade ou à qualidade ou ao lugar que, o que muda, muda” (ARIST., *Física*, III, 1, 200^b 30-35).



O amplo conceito de movimento presente na física aristotélica permite sem dúvida entender a máxima medieval: quem não conhece o movimento não conhece a natureza (*ignoratio motu ignoratur natura*).

2. O Mundo de Aristóteles

O movimento tem lugar no Universo que, segundo Aristóteles, se contém a si mesmo, é auto-suficiente e tem como estrutura básica o universo das duas esferas¹⁵: a Terra e a esfera das estrelas fixas. Aristóteles chama de *Céu* o corpo

¹⁴ Ver: ARIST. *Metafísica*, VII 8, 1033^a 31-^b 29; *Metafísica*, VII 15, 1039^b 23-7; *Metafísica*, VIII 3, 1043^b 14-5 e *Metafísica*, VIII 5, 1044^b 21-2. Em todas estas passagens embora Aristóteles não diga textualmente que a geração de uma nova *ousia* seja instantânea, elas parecem indicar que, segundo ele, a geração seria o ponto de convergência de uma série de mudanças qualitativas, quantitativas e locais teleologicamente orientadas. Estas mudanças graduais convergiriam na geração de uma nova *ousia*, e o momento da geração é que seria instantâneo.

¹⁵ O cosmo ou Universo aristotélico tem muitas características comuns àquele de Platão, o qual embora não desenvolvido detalhadamente e apresentado de uma forma não

natural que se encontra na rotação última do Universo, onde estão incrustadas as estrelas fixas. Contudo, em outro sentido, ele também chama de *Céu* “o corpo que se encontra na imediata proximidade da rotação última do Universo, no qual estão colocadas a lua, o sol e algumas estrelas [errantes – planetas]; dizemos que estes estão no *Céu*. Finalmente, [diz ele] chamamos de *Céu* o corpo que está contido pela rotação final, com efeito, estamos acostumados a chamar de *Céu* o todo e o Universo” (ARIST., *De Caelo*, I, 9, 278^b16-18).

A esfericidade do Céu é, segundo Aristóteles, necessária pois a esfera é a figura mais conforme a sua natureza e substância. Além disso, a esfera é entre todas as figuras (planas e tridimensionais) a mais perfeita, a única limitada por uma só superfície e a única figura que durante a rotação contínua ocupa sempre o mesmo lugar; o que não ocorre com uma figura de linhas retas submetida à rotação. (ver: ARIST., *De Caelo*, II, 4, 286^b 10-287^a1)¹⁶. A esfera é portanto a primeira figura.

sistemática, influenciou em grande medida o desenvolvimento posterior da cosmologia. Em ambos os sistemas cosmológicos, o Universo é auto-continente, auto-suficiente e se estrutura no sistema das duas esferas. Segundo Platão, Deus “fez o mundo na forma de um globo, uma esfera, tendo seus extremos em todas as direções eqüidistantes do centro, a mais perfeita e mais semelhante a si mesma de todas as figuras, pois ele considerou que o semelhante é infinitamente mais belo que o dessemelhante” (*Timeu*, 33). Fora do mundo, segundo Platão, não havia nada e sua superfície foi, por Deus arredondada e polida. No centro dessa esfera repousaria a Terra, que também é esférica, a qual permaneceria lá imóvel, para não alterar o equilíbrio simétrico do Universo, sem necessidade de ar ou de qualquer outra força similar para sustentá-la, já que para Platão “uma coisa em equilíbrio no meio de qualquer substância uniforme não teria causa para inclinar-se mais ou menos para qualquer direção” (*Phaedo*, 109^a). A esfera do Universo, segundo Platão, gira uniformemente de leste para oeste, no mesmo lugar, em torno do seu próprio eixo, que passa pelo centro da Terra. Contudo, há uma obscura passagem no *Timeu* (40^b), onde Platão diz: “a Terra, nossa governanta, gira ao redor de um eixo estendido de pólo a pólo através do Universo”, esta afirmação, inconsistente com todo o sistema descrito nesta obra, levou alguns comentadores antigos e medievais a atribuírem a Platão a idéia de que a Terra gira em torno do próprio eixo fazendo o dia e a noite.

¹⁶ Segundo Simplicio (séc. VI), “o físico argumenta que o Universo é esférico, porque a esfera é uma figura ‘primeira, simples, perfeita, e uniforme’, e neste sentido é *única* entre

E dado que a primeira figura corresponde ao primeiro corpo, e o primeiro corpo é o que se encontra na rotação extrema do mundo, segue que o que se move circularmente será necessariamente esférico. Conseqüentemente, também será esférico o que está em continuidade e aderido a ele: pois o que está aderido ao que é esférico também é esférico. De maneira análoga, também serão esféricas as coisas que estão no meio destas, pois aquelas coisas que estão limitadas por um corpo esférico e estão em contato com ele necessariamente serão todas esféricas. Agora, as coisas que estão abaixo da esfera das estrelas errantes [planetas] tocam a esfera superior. Assim portanto, o mesmo Universo será esférico, pois todas as coisas estão em contato e continuidade com as esferas. (ARIST., *De Caelo*, II, 4, 287^a2-11).

No centro do Universo repousa imóvel a esfera Terra¹⁷. O Universo aristotélico é dividido em duas regiões nitidamente distintas: a celeste e a terrestre, ocupadas por materiais distintos e governadas por leis distintas.

Todas as coisas que compõem a região celeste, a saber, as estrelas, os planetas e as esferas cristalinas são feitas de éter (elemento celeste, a quintessência, puro, eterno, inalterável e incorruptível). Todas as coisas que pertencem à região terrestre, por outro lado, são feitas de um dos quatro elementos terrestre: terra, água, ar e fogo (ou de uma combinação deles).

as figuras sólidas – os corpos sólidos retilíneos são todos limitados por várias superfícies ou faces e não por *uma* superfície como é a esfera – e por esta razão a forma da esfera é apropriada para o primeiro corpo: o Universo. O astrônomo, por outro lado, ao argumentar que o Universo é esférico, baseia-se sobre o fundamento matemático de que dentre todas as figuras sólidas, que tem uma superfície com igual área, a esfera é a maior e portanto aquela que contém mais” (HEATH, 1980, p. 99-100).

¹⁷ Sobre a disputa a respeito da figura da Terra, Aristóteles afirma: “pois a uns ela parece ser esférica, ao passo que, a outros, parece ser plana e ter o formato de um tambor. E como prova esmeram que, ao se pôr e ao nascer, o sol sofre por parte da Terra um ocultamento retilíneo, e não esférico – como sendo necessário que, se ela fosse esférica o corte da [secante] viesse a ser curvilíneo – mas não levam em consideração a distância do sol em relação a Terra, nem o tamanho da circunferência, que de longe se manifesta com aparência retilínea nos círculos que parecem pequenos. Portanto, não é preciso que, devido a esta aparência, eles desconfiem que o volume da Terra não seja esférico” (ARIST., *De Caelo*, II, 13, 293^b 32-294^a 8).

Os elementos, sejam celestes ou terrestres, movem-se naturalmente para os seus respectivos lugares¹⁸ ‘naturais’. Assim, o lugar natural da Terra – ou, usando a terminologia escolástica, o lugar da Terra, (*locus terrae*) – que é absolutamente pesada, é o centro do Universo, que por sua vez coincide com o centro da Terra, e o seu movimento natural é retilíneo para baixo, ou seja, em direção ao centro do Universo. A esfera da Terra é rodeada concentricamente por uma série de esferas ocas, as primeiras delas correspondem às dos elementos terrestres, água, ar e fogo respectivamente, tal que o lugar natural da água é a região imediatamente após a região central e o seu movimento natural é retilíneo para baixo, exceto na região central; o lugar natural do fogo – *locus ignis* –, que é absolutamente leve, é a região externa da esfera sublunar e seu movimento é retilíneo para cima em relação ao centro do Universo; finalmente, o lugar natural do ar – *locus aeris* – é a região intermediária entre a água e o fogo, e seu movimento natural é retilíneo para cima, exceto na região do fogo. O lugar e o movimento naturais dos corpos compostos – *corpora mixta* – por mais de um elemento correspondem àqueles do elemento preponderante (ver: ARIST., *De Caelo*, IV, 4, 311^b 5-15).

Portanto, de acordo com Aristóteles, cada lugar tem uma certa potência (*dynamis*) específica capaz de produzir efeitos distintos tal que corpos pesados movem-se, naturalmente, ‘para baixo’, seu lugar natural; e corpos leves ‘para cima’. Contudo, a leveza e a gravidade de um elemento, excetuando-se o fogo e a terra, dependem, segundo Aristóteles, da sua relação com os outros elementos,

chamo grave aquilo que está apto a mover-se [naturalmente] para o centro, e leve aquilo que está apto a mover-se a partir do centro; muito pesado o que está abaixo de todas as coisas que se movem para o centro, e muito leve o que se situa acima de todas as coisas que se movem para cima. É necessário que tudo que se move para cima ou para baixo possua leveza ou peso ou ambos, embora não em relação ao mesmo corpo; pois são corpos pesados e leves relativos a um ou outro. Por exemplo, o ar é leve relativo à água e a água é leve relativa à terra. (ARIST., *De Caelo*, I, 3, 269^b 23-29).

¹⁸Lugar (*topos*) aqui entendido como o limite (*peras*) do corpo continente e o contorno do corpo contido. Aristóteles concebe o lugar “como o limite imóvel mais interno e que imediatamente envolve o que está contido naquele lugar” (ARIST., *Física*, IV, 4, 212^a 5) e conclui assim que o lugar não é nada que forme parte do ser contido, não é maior nem menor que ele; não sendo nem forma, nem matéria nem mesmo extensão tridimensional.

Se todas as coisas estivessem em seus lugares naturais, não haveria razão para elas de lá saírem. Apenas através de violência (e aplicação de um esforço exterior) é que se poderia conseguir isso. Contudo, elas voltariam para seus lugares naturais tão logo cessasse a ação que causou o movimento, reencontrando assim o seu equilíbrio perdido e violado.

Além dos quatro elementos terrestres (terra, água, ar e fogo) há, segundo Aristóteles, um quinto elemento, que não é nem leve nem pesado, cujo movimento natural é a rotação, e do qual são feitos todos os corpos celestes: as estrelas, os planetas, e as esferas cristalinas. A existência deste quinto elemento é concluída por Aristóteles a partir das seguintes considerações:

Todo movimento é ou natural ou contrário à natureza e que o movimento que é contra-natural para um corpo é natural para outro, como é o caso do movimento para cima e para baixo, que é natural e contra-natural para o fogo e para a terra, respectivamente; segue-se necessariamente que o movimento circular, sendo não natural para estes corpos¹⁹, é natural para algum outro²⁰. E, além disso, se o movimento circular é o deslocamento natural para alguma coisa, está claro que haverá entre os

¹⁹ Que o movimento circular não é natural para os corpos terrestres já tinha sido estabelecido por Aristóteles anteriormente: os elementos terrestres (terra, água, ar e fogo) movem-se naturalmente com movimento retilíneo (uns para cima, outros para baixo). Embora pela violência, aplicação de um esforço exterior, os corpos simples “possam mover-se com o movimento de outros e diferentes corpos, mas pela natureza isto é impossível, dado que um movimento simples pertence naturalmente a cada corpo simples” (ARIST., *De Caelo*, I, 2, 269^a 7-9).

²⁰ Esta inferência aristotélica é necessária, pois o movimento circular não poderia ser contra-natural nem para os corpos terrestres, nem para os celestes, visto que “se o corpo que se move em círculo fosse o fogo ou algum outro elemento [terrestre], sua locomoção natural seria contrária ao movimento circular. Mas uma coisa simples tem um contrário simples, e os movimentos para cima e o para baixo são [sempre] contrários um ao outro ... Mas se o corpo movido contra-naturalmente em um círculo fosse algum outro corpo, então algum outro movimento pertenceria a ele naturalmente. Mas isto é impossível; pois se ele fosse um movimento para cima aquele corpo seria o fogo ou o ar, enquanto que se fosse um movimento para baixo seria água ou terra” (ARIST., *De Caelo*, I, 2, 269^a 12-18). Logo, se o movimento circular não pode ser contra-natural, nem para os corpos terrestres, nem para os corpos celestes, então ele necessariamente será natural.

corpos simples e primários algum que se moverá naturalmente em círculo, como faz o fogo para cima e a terra para baixo²¹ (ARIST., *De Caelo*, I, 2, 269^a31-269^b6).

Assim, a partir de todas estas premissas, de acordo com Aristóteles, temos que nos convencer de que existe, além dos corpos que nos rodeiam aqui embaixo, algum outro corpo diferente e separado, de uma natureza tanto superior quanto mais afastada está do mundo sublunar. Este quinto elemento é o primeiro corpo, que preenche toda a região celeste, sendo o único elemento celeste.

Parece que o nome do primeiro corpo tem sido transmitido até os nossos dias desde o tempo dos antigos que alimentavam concepções idênticas às nossas [...] eles acreditavam que o primeiro corpo era algo diferente da terra, do fogo, do ar e da água, e denominaram éter à região mais alta, e lhes deram este nome porque ‘ocorre sempre’ na eternidade do tempo (ARIST., *De Caelo*, I, 3, 270^b16-24).

A natureza superior dos corpos celestes decorre, sem dúvida, da superioridade, suposta por Aristóteles, do seu movimento natural (circular) em relação ao movimento natural dos corpos terrestres (retilíneo).

Esta suposição, por sua vez, se justifica a partir da tese de que o círculo pertence à classe das coisas perfeitas, e é superior à linha reta.

Diz Aristóteles: “com efeito, o perfeito é por natureza anterior ao imperfeito; ora, o círculo entra na classe das coisas perfeitas, enquanto que a linha reta não é, em nenhum caso, perfeita: não são perfeitas, com efeito, nem a linha reta infinita – pois ela deveria ter limite e fim –, nem qualquer linha reta finita – pois todas têm alguma coisa para fora, pois que se pode prolongar qualquer linha reta” (ARIST., *De Caelo*, I, 2 269^a. 19-25). Conseqüentemente, se o círculo é perfeito,

²¹ A tese de que um corpo que se move naturalmente em círculo necessariamente será simples é estabelecida a partir da própria definição aristotélica de corpos simples, entendidos como “aqueles que possuem um princípio único de movimento em suas próprias naturezas” (ARIST., *De Caelo*, I, 2, 268^b 27-28) e cujos movimentos naturais devem ser simples, ou seja, retilíneo ou circular, isto porque Aristóteles já tinha estabelecido anteriormente que estes são os dois únicos movimentos simples, pois percorrem as duas únicas magnitudes geometricamente simples, a saber: a reta e o círculo.

também perfeito será o movimento circular, pois o movimento através de uma linha perfeita será necessariamente perfeito.

Agora, se o movimento circular é perfeito, ele é anterior ao movimento retilíneo, que se dá através de uma linha imperfeita, mas o movimento que possui uma prioridade deve pertencer igualmente a um corpo que naturalmente possua uma prioridade.

“Se o movimento circular é anterior ao movimento retilíneo e o movimento retilíneo é próprio dos corpos simples – o fogo, com efeito, move-se em linha reta para cima, e a terra para baixo, em direção ao centro –, é necessário que o movimento circular seja próprio, ele também, de um corpo simples” (ARIST., *De Caelo*, I, 2 269^a. 25-30)²², pois, como já foi visto anteriormente, o movimento natural dos corpos compostos por mais de um elemento corresponde ao movimento do elemento preponderante.

Portanto, o movimento dos corpos compostos é posterior ao movimento dos corpos simples, e se o movimento circular é ‘o primeiro’ então ele deve naturalmente pertencer a um corpo simples.

Por tudo que foi dito, é evidente [conclui Aristóteles] que existe naturalmente alguma outra substância corpórea diferente das formações corpóreas que existem aqui [embaixo, isto é, na região terrestre], a qual substância é mais divina e anterior a todas as outras (ARIST., *De Caelo*, I, 2 269^a 28-30).

Logo, os corpos celestes são feitos de um elemento perfeito e simples, o éter, cujo movimento natural é simples e circular.

Se os corpos celestes movem-se circularmente, segundo Aristóteles, eles não podem ser nem leves, nem pesados, pois se possuísem pesos mover-se-iam para o centro do Universo e, se fossem leves, mover-se-iam para cima²³, diz ele:

²² Teses e argumentos semelhantes podem ser encontrados também no livro VIII da *Física*.

²³ Esta inferência é feita por Aristóteles a partir da sua própria definição de peso e leveza, segundo a qual grave é aquilo que naturalmente se move para o centro e leve aquilo que naturalmente se move a partir do centro (a este respeito ver: ARIST., *De Caelo*, I, 3, 269^b 26-30).

o corpo que se move em um círculo não pode possivelmente possuir peso ou leveza. Pois não pode se mover nem naturalmente nem contra-naturalmente ‘para’ ou ‘a partir do’ centro. Pois, primeiro, a locomoção em linha reta não pertence a ele naturalmente, porque há um movimento para cada corpo simples, e ele conseqüentemente seria idêntico a um dos corpos que se move deste modo. Segundo, supondo que ele se move contrário à natureza; então, se o movimento contra-natural é para baixo, o movimento para cima seria natural; mas, se o movimento contra-natural for para cima, então o movimento para baixo seria natural. Pois temos que no caso dos movimentos contrários, se um é contra-natural o outro é natural (ARIST., *De Caelo*, I, 3, 269^b 30-270^a3).

Conseqüentemente, os corpos celestes, porque se movem naturalmente em um círculo, não podem ser nem leves nem pesados.

Estabelecida que a região celeste é preenchida pelo éter, um elemento perfeito e simples, que não é nem leve nem pesado, cujo movimento natural é o circular, Aristóteles passa então à discussão com respeito à eternidade desta região.

Os corpos celestes, de acordo com Aristóteles são eternos, pois não estão sujeitos à geração e corrupção, nem aumento e diminuição, pois diz ele:

É igualmente razoável supor que estes corpos são não-geráveis e incorruptíveis, e não estão sujeitos ao crescimento e à alteração, pois tudo que é gerado é *gerado* de um contrário e de algum substrato, e perece do mesmo modo em algum substrato, e ambos pela ação de um contrário em um contrário, como foi estabelecido em nossa primeira discussão.²⁴

Contudo, os movimentos locais dos contrários são contrários. Se então nada pode ser contrário a este corpo, pois não há movimento contrário à locomoção circular, a natureza parece ter razão em eximir da contrariedade aquele corpo que é não-gerado e indestrutível. Pois a geração e a corrupção têm lugar entre contrários. (*De Caelo* I, 3, 270^a 12-22)

A ausência de contrariedade nos movimentos circulares é inferida por Aristóteles no primeiro livro do *De Caelo* a partir de várias razões.

²⁴ Diz Aristóteles no primeiro livro da *Física*: “Tudo aquilo que vem a ser, assim como tudo que se corrompe, vem a ser, ou se corrompe, ou a partir dos contrários, ou nos contrários e em seus intermediários. E os intermediários são a partir dos contrários, por exemplo: as cores são a partir do branco e do negro; de modo que tudo o que vem a ser por natureza é ou contrário ou a partir de um contrário” (ARIST., *Física*, I, 5, 188^b 21-16). Ver também: ARIST., *Física*, I, 7, 191^a 5.

Em primeiro lugar, Aristóteles estabelece que não há nenhuma hipótese do movimento retilíneo ser contrário ao circular, isto porque “os movimentos retilíneos são contrários entre si, em virtude do lugar, pois o acima e o abaixo são diferenças e contrariedades de lugar” (ARIST., *De Caelo*, I, 4, 271^a 3-5).

Em segundo lugar, movimentos contrários implicam em destinos contrários, tal que o movimento retilíneo do ponto ‘A’ para o ponto ‘B’, distantes um do outro, é contrário ao movimento retilíneo de ‘B’ para ‘A’. Contudo, o mesmo não ocorre com o movimento circular de ‘A’ para ‘B’ e de ‘B’ para ‘A’, visto que são infinitas as possibilidades de movimentos circulares entre dois pontos ‘A’ e ‘B’ quaisquer, pois são infinitas as linhas circulares que podem ligar tais pontos. No entanto, o movimento de ‘A’ para ‘B’ e vice versa, ao longo de uma linha reta, é único, pois há uma única linha reta que une dois pontos ‘A’ e ‘B’.

Além disso, se poderia supor que, dado um círculo completo de diâmetro EF, o movimento circular do ponto ‘E’ até o ponto ‘F’, através do semicírculo superior H, fosse contrário ao movimento circular de ‘F’ para ‘E’ através do semicírculo inferior G, “mas mesmo supondo que estes sejam contrários, de modo algum se segue que o movimento reverso no círculo completo seja contrário” (ARIST., *De Caelo*, I, 4, 271^a 17-19).

Também não são contrários os movimentos de ‘A’ para ‘B’ e de ‘A’ para ‘C’, sobre um mesmo círculo, visto que movimentos contrários implicam em destinos contrários, o que não ocorre neste caso.

Finalmente, conclui Aristóteles, também não seriam contrários dois movimentos circulares em torno de um e mesmo círculo, mas em direções opostas, visto que um deles seria vão, pois por meio de ambos se chegaria ao mesmo ponto [embora seguindo ordem inversa]. “Além disso, é necessário que o que se move circularmente, seja qual for o ponto de partida, chegue a todos os lugares contrários — e as contrariedades de lugares são o acima e o abaixo, o adiante e o atrás, à direita e à esquerda — e a contrariedade do movimento existe segundo as contrariedades de lugares. Mas, se estes forem iguais, não haverá mais movimento” (ARIST., *De Caelo*, I, 4, 271^a 23-28).

Portanto, se não há nenhum movimento natural contrário ao movimento circular então não há nada que seja contrário àquilo cujo movimento natural não tem contrário. Mas, se o éter não tem contrários, ele não pode estar sujeito à geração e corrupção, visto que tudo o que vem a ser por natureza, assim como tudo que se corrompe, vem a ser, ou se corrompe, ou a partir dos contrários, ou nos contrários, na presença de algum subjacente²⁵.

Se há uma inalterabilidade do mundo celeste então a ordem deste mundo celeste é eterna. Afirma Aristóteles no *De Caelo* (283^b 26-9):

Nem se gerou o Céu inteiro, nem lhe é possível perecer, como alguns deles dizem, mas é um e eterno, não tendo princípio e fim de sua duração toda, mas contendo e compreendendo em si o tempo infinito.

Concluindo, todas as coisas que compõem a região celeste, a saber, as estrelas, os planetas e as esferas cristalinas são feitos de éter (elemento celeste, a quinta-essência, puro, simples, nem leve, nem pesado) cujo movimento natural não está sujeito à contrariedade, conseqüentemente ele é eterno, inalterável e incorruptível, assim como toda a região celeste.

Contudo, segundo Aristóteles, além do Universo ser eterno, também são eternos o movimento e o tempo. O movimento é a atualização (*energéia*) do que é móvel na medida em que é móvel, donde se infere que o corpo potencialmente móvel deve necessariamente pré-existir ao movimento²⁶, conseqüentemente, é necessário que estas coisas móveis: a) ou sejam eternas e, portanto, também eterno o movimento²⁷; b) ou, se não existiam antes, tenham sido geradas em algum

²⁵ Ver: ARIST., *Física*, I, 7, 191^a 5.

²⁶ “Qualquer um admitirá que necessariamente se move aquilo que é capaz de mover-se com cada classe de movimento: por exemplo, que se altera o que é capaz de alterar-se e que translada o que é capaz de mudar de lugar. De modo que tem que existir algo capaz de gerar-se antes que se gere” (ARIST., *Física*, VIII, 1, 251^a 10-5).

²⁷ “Existindo sempre as coisas que podem mover-se e as que podem mover, algumas vezes há um primeiro movente e um movido e outras vezes nada senão o repouso, e este [o corpo em repouso] necessariamente tem que ter mudado antes: visto que tem que ter

momento. “Então, se cada uma das coisas que podem mover-se foi gerada, necessariamente se produziu outra mudança e movimento anterior ao considerado, em virtude do qual foi gerado o que é capaz de ser movido ou de mover” (ARIST., *Física*, VIII, 1, 251^a 10-5), visto que a geração de uma nova *ousia* é o ponto de convergência de uma série de movimentos qualitativos, quantitativos e locais teleologicamente orientados. Portanto, um movimento precederia a geração de um corpo potencialmente móvel, que por sua vez seria precedido pelo móvel, e assim *ad infinitum*.

Além disso, diz Aristóteles, “se na verdade o tempo é o número do movimento – ou de um certo movimento –, necessariamente o movimento será eterno, se o tempo for eterno” (ARIST., *Física*, VIII, 1, 252^a 5-10). Mas este necessariamente é eterno, visto que é impossível que o tempo exista, ou seja concebido, sem o “agora”, uma vez que o tempo consiste de “agora”, não sendo possível captar no tempo nada além deste, e o “agora” nada mais é do que um ponto intermediário que contém necessariamente o começo (do tempo futuro) e o fim (do passado), donde se infere que sempre haverá o tempo antes e depois do “agora” e, portanto, “necessariamente haverá sempre tempo” (ARIST., *Física*, VIII, 1, 252^a 10), e a fortiori o movimento.

3. O Primeiro Motor Imóvel

Uma vez delimitado esses pontos, devemos inspecionar, a respeito das causas, “pois [segundo Aristóteles] visto que o estudo é em vista do conhecer, e visto que não julgamos conhecer cada coisa antes de apreendermos o *por que* a respeito de cada uma (eis o que é apreender a causa primeira), é evidente que devemos fazer isso também no que concerne a geração e corrupção e toda mudança natural, de tal modo que, conhecendo suas causas, tentemos reportar a elas cada um dos itens que se investigam” (ARIST., *Física*, II, 3, 194^b 16-23).

existido uma causa do repouso, já que o repouso é a privação do movimento” (ARIST., *Física*, VIII, 1, 251^a 30).

Quando alguém procura a causa – dado que as causas se afirmam de diversos modos –, é preciso relatar todas as causas possíveis²⁸. Resta-nos, então, investigar a causa do movimento, já que tudo que é movido é movido por algo e tudo que vem a ser vem a ser algo, a partir de algo e por obra de algo. (ver: ARIST., *Metafísica*, IX, 8 1049^b 27).

Quanto às substâncias naturais e geráveis é necessário relatar as causas mais próximas para proceder corretamente “dado que as causas são precisamente estas tantas, e dado que é preciso vir a conhecer as causas. Por outro lado, no que respeita às essências naturais, porém eternas, é diverso o tipo de explicação. Com efeito, algumas, certamente, não comportam matéria, ou não comportam uma matéria de tal e tal qualidade, mas apenas uma matéria capaz de se mover pelo lugar.” (ARIST., *Metafísica*, VIII, 4, 1044^b 3-8).

No *De Caelo* Aristóteles afirma que os corpos celestes, sendo feitos de éter, um elemento perfeito e simples, são naturalmente constituídos para moverem-se circularmente em virtude de sua própria natureza (ver: ARIST., *De Caelo*, II, 4, 284^a 14-15).

Contudo, este movimento tem características especiais, pois “todas as coisas cessam de mover-se quando atingem seus lugares próprios, entretanto, para o corpo movido circularmente, o lugar de onde partiu é idêntico a aquele ao qual chegou” (ARIST., *De Caelo*, I, 9, 279^a 33-279^b 3). Em certo sentido a esfera em rotação está em movimento, já que as suas partes giram continuamente em torno de um centro, mas em outro sentido está em repouso pois, uma vez que seu centro é imóvel, tomando-a como um todo, ela nunca sai do lugar²⁹, entendendo lugar como o limite do corpo continente e o contorno do corpo contido. Ou seja, uma vez que o centro em torno do qual ela gira permanece estacionário “o todo

²⁸ Por exemplo: “do homem, qual é a causa enquanto matéria? Seriam os sangues menstruais? E qual seria enquanto causa motora? Seria o esperma? E qual seria enquanto forma? O que era o ser? E qual seria como em vista do que? O acabamento. E certamente, ambas as últimas são uma mesma coisa” (ARIST., *Metafísica*, VIII, 1044^a 32-1044^b 1)

²⁹ Ver: ARIST., *Física*, VIII, 9, 265^b 1-5.

está em certo sentido sempre em repouso e em outro continuamente em movimento” ARIST., *Física*, VIII, 9, 265^b 10-15).

Ademais, nenhum eterno e incorruptível é em potência³⁰, eles são todos atualidade, mas, segundo Aristóteles, nada impede que seja em potência em algum aspecto, por exemplo, em certa qualidade ou lugar,

se há algo que seja movido eternamente, [diz Aristóteles] ele tampouco é em potência movido, a não ser de um certo lugar para outro (nada impede que se dê a matéria para isso); por isso, o sol, as estrelas e o Céu inteiro sempre estão em atividade, e não é de se temer que porventura parem – como temiam os estudiosos da natureza. Tais coisas tampouco se cansam ao fazer isso [*sc.* estar em atividade]; pois, para eles, o movimento não é (como é para os corruptíveis) concernente à capacidade da contradição³¹, como se lhes fosse penosa a continuidade do movimento. Pois a essência é causa disso na medida em que é matéria e capacidade, não na medida em que é efetividade. (ARIST., *Metafísica*, IX, 8, 1050^b 21-27).

Mas se há o movimento eterno e este movimento é circular, então também há algo que propicia este movimento (ver: ARIST., *Metafísica*, XII, 7, 1072^a. 19-24). Como então explicar o movimento circular eterno dos corpos celestes? Se tudo que é movido é movido por algo e todo motor, ao mover-se, move algo, então no caso do movimento eterno haverá uma série infinita de causas (ver: ARIST., *Metafísica*, 994a,1-30). Contudo, segundo Aristóteles, não é necessário que

³⁰ A efetividade [atualidade] “é anterior à capacidade também de modo mais decisivo: pelo modo de ser, os eternos são anteriores aos corruptíveis, e nenhum eterno é em potência. A explicação é esta: toda capacidade é ao mesmo tempo capacidade da contradição, pois aquilo que não é capaz de ser o caso não pode se dar em nada, mas tudo aquilo que é capaz pode não estar em atividade. Portanto, aquilo que é capaz de ser pode tanto ser como também não ser; assim, a mesma coisa é capaz de ser e de não ser. Mas aquilo que é capaz de não ser pode não ser; e aquilo que pode não ser é corruptível, ou sem mais, ou em relação àquilo mesmo pelo que se diz que pode não ser (ou pelo lugar, ou pela quantidade ou qualidade); e é sem mais corruptível aquilo que o é em sua essência”. (ARIST., *Metafísica*, IX, 8, 1050^b 6-15)

³¹ “Todas as outras capacidades (a partir do que foi delimitado) são capacidades da contradição. De fato, aquilo que é capaz de mover de tal e tal modo também é capaz de mover não de tal e tal modo (ao menos tudo que é conforme à razão)”. (ARIST., *Metafísica*, IX, 8, 1050^b 30)

o movido seja sempre movido por algo que também esteja em movimento, logo a regressão ao infinito, no que se refere às causas dos movimentos eternos, não é necessária, pois se o movimento é eterno então necessariamente tem que haver algo eterno que se move primeiro e o primeiro agente (motor) do movimento eterno será eterno e imóvel³², inclusive acidentalmente, pois se houvesse um motor imóvel que fosse capaz de mover-se acidentalmente por si, ele seria incapaz de ser a causa do movimento eternamente contínuo. Por conseguinte:

já que é necessário que haja continuamente um movimento, tem que haver um primeiro motor que seja imóvel, inclusive acidentalmente, se, como dissemos tem que haver nas coisas um movimento incessante e incorruptível, e se o Universo tem que permanecer em si mesmo e no mesmo, pois se o princípio permanece o mesmo, também o Todo [Universo] permanecerá o mesmo, sendo contínuo em relação ao princípio. (ARIST., *Física* VIII, 6, 259b 21-28).

Argumentos semelhantes também são encontrados no livro XII da *Metafísica*, onde Aristóteles explica o movimento eterno dos astros através da introdução de uma hipótese necessária: o Primeiro Motor Imóvel, a causa final, o *telos*, do Universo.

Diz Aristóteles, “dado que aquilo que é movido e propicia movimento é intermediário, há algo que propicia movimento sem ser movido, sendo uma essência e uma atividade eterna” (ARIST., *Metafísica*, XII, 7, 1072^a. 24-26). A finalidade geral de todos os seres, de acordo com a tese aristotélica, é o Primeiro Motor, que não só é imóvel, mas não é suscetível de movimento, já que é ato puro.

Mas de que forma o Primeiro Motor não-suscetível de movimento governa o movimento eterno dos corpos celestes e o devir? Segundo Aristóteles, aquilo que propicia o movimento desse modo é

aquilo que é desejável e aquilo que é suscetível de ser pensado: propiciam movimento sem serem movidos. As primeiras entre essas coisas são as mesmas. De fato, aquilo que aparece como belo é apetecível, mas o objeto do querer, primeiramente, é aquilo que é realmente belo. Desejamo-lo porque parece-nos ser belo, em vez de parecer ser belo porque desejamo-lo, [...]. Assim, ele propicia movimento na medida em que é amado, mas, por meio de algo que é movido, move as demais coisas. (ARIST., *Metafísica*, XII, 7, 1072^a.26-1072^b 3).

³² Ver: ARIST., *Física*, VIII, 6, 258^b 10.

Ou seja, segundo Aristóteles, o Primeiro Motor propicia o movimento na medida em que é amado, é desejado. O Primeiro Motor Imóvel é ato puro, nada lhe falta, logo nada deseja. Mas é desejado por todos os seres do Universo. Mas por que esse desejo não faz com que os corpos o imitem e permaneçam imóveis? A meu ver, estes não desejam a imobilidade, mas antes a pura atualidade, a perfeição do Primeiro Motor, e esse desejo faz com que os corpos atualizem as suas potências e conseqüentemente movam-se, já que o movimento é a transição do que há em potência para o que há em ato.

Diz Aristóteles, a respeito do Primeiro Motor eterno e imóvel:

Assim, pelo que foi dito, é evidente que há uma essência eterna, não-suscetível de movimento e separada das coisas sensíveis. Também está provado que não é possível que tal essência possua grandeza, pois ela é indivisível e desprovida de partes (de fato, ela propicia movimento por um tempo infinito, mas nenhuma coisa finita possui capacidade infinita; dado que qualquer grandeza ou é infinita ou finita, por isso, ela não poderia ter uma grandeza finita, nem uma grandeza infinita, porque, em geral, não há nenhuma grandeza infinita). Além disso, está provado que ela não é suscetível a modificações e alterações, pois **todos os demais movimentos são posteriores ao movimento local**³³. Assim, é evidente porque essas coisas são desse modo. (ARIST., *Metafísica*, XII, 7, 1073^a3-14)

Os Céus movem-se atraídos por esse Motor Imóvel. Os astros são incorruptíveis e realizam um único movimento, o mais perfeito de todos, isto é o movimento circular, aquele que não tem começo nem fim. O Mundo sub-lunar e as coisas terrestres, sujeitas à geração e corrupção, aspiram à incorruptibilidade, regularidade perfeita e atividade contínua do Céu, pois eles também estão sempre em atividade e têm o movimento em si mesmo e por si mesmo (ver: ARIST., *Metafísica*, IX, 8, 1050^b 28). Portanto, o Céu atua como se fosse o motor do mundo sub-lunar, mas não como um motor perfeito, já que ao mover-se circularmente, ele é suscetível ao movimento. Mas,

o princípio, isto é, o primeiro entre os entes, é não-suscetível de movimento, em si mesmo e por concomitância, e promove o movimento primeiro e eterno, que é único. Dado que, necessariamente, aquilo que é movido é movido por algo; dado que

³³ *Grifo meu.*

o primeiro motor é, em si mesmo, não-suscetível de movimento; dado que o movimento eterno é movido por algo eterno, e um movimento único, por algo único; dado que, além da locomoção simples do Todo, a qual dizemos que a primeira essência não-suscetível de movimento promove, vemos que há outras locomoções eternas, a dos planetas (de fato, o corpo que se move em círculo é eterno e sempre-repouso; provou-se isso nas discussões sobre a natureza³⁴), necessariamente, também cada uma dessas locomoções é movida por uma essência eterna que, em si mesma, é não-suscetível de movimento. De fato, a natureza dos astros é eterna, sendo uma essência, e o que os move é eterno e anterior ao que é movido, e necessariamente é essência aquilo que é anterior a uma essência. Assim, evidentemente, é necessário que exista a mesma quantidade de essências eternas em suas naturezas e, em si mesmas, não-suscetíveis de movimento e desprovidas de grandeza, pela causa antes mencionada. (ARIST., *Metafísica* 1073^a23-1073^b1)

4. As Esferas Celestes de Aristóteles

Na região imediatamente após a esfera do fogo encontra-se, segundo Aristóteles, uma série de esferas cristalinas interconectadas, cujo centro comum é a Terra, e cada um dos planetas (Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno) encontra-se no interior de um grupo destas esferas, cada uma das quais completa uma revolução axial em intervalos de tempo diferentes reproduzindo assim, com boa aproximação, o movimento planetário.

Esse sistema proposto por Aristóteles incorporou os artifícios geométricos do sistema matemático das esferas homocêntricas de Eudoxo de Cnido (408-355 aC)³⁵ e Calipo de Cízico (370-300 aC), que mostraram que era possível através de seus modelos geométricos explicar os movimentos aparentemente errantes dos planetas e “salvar os fenômenos”³⁶.

³⁴ *Física* VIII, 8-9.

³⁵ Eudoxo, discípulo de Platão, foi o primeiro a responder aquele que foi, talvez, por cerca de dois mil anos, o problema mais importante dos astrônomos, a saber: quais são os movimentos circulares uniformes e ordenados que podem ser tomados como hipóteses para explicar os movimentos aparentes dos planetas? (ver: Platão, *República*, VII, 527 e SIMPLICIO, *In De Caelo*, 488).

³⁶ A obra onde Eudoxo apresenta seu sistema perdeu-se, felizmente este pode ser reconstituído a partir de uma pequena nota de Aristóteles no livro XII da *Metafísica* e de uma longa discussão feita por Simplicio (séc. VI) em seu Comentário ao *De Caelo*. Aristóteles conheceu tal sistema a partir de Polemarcos. Também Eudemo o descreveu “em detalhes

O modelo de Eudoxo supõe que as estrelas fixas estão incrustadas na primeira, e mais exterior, esfera que gira uniforme e diariamente em torno de um eixo estendido de norte a sul. A locomoção do sol, lua e de cada uma das outras cinco estrelas errantes (planetas) envolve em cada caso, um conjunto independente de esferas concêntricas, que giram em torno de diferentes eixos com inclinações diferentes em relação à eclíptica (ver fig. 1), círculo do meio do zodíaco e equador (ver fig. 2).

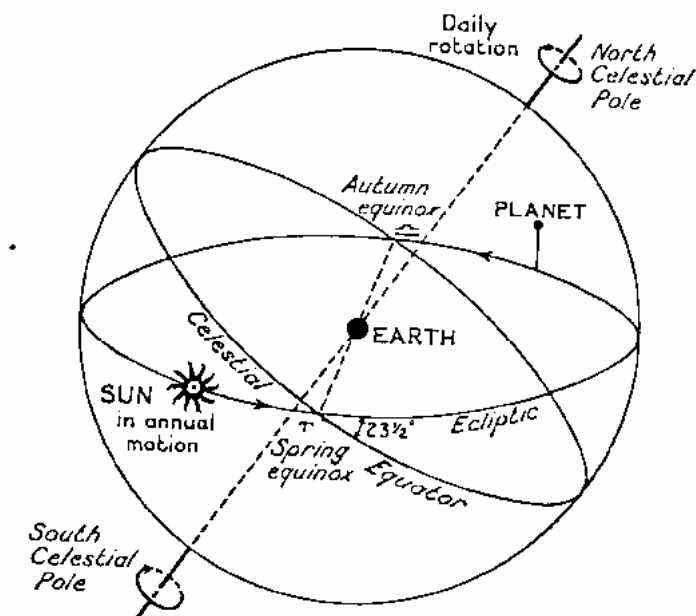


Figura 1. *Apud* CROMBIE, 1979, p. 105.

em sua perdida história da astronomia e a partir deste trabalho sua descrição foi transferida para um trabalho sobre as esferas escrito por Sosígenes, um filósofo peripatético que viveu na segunda metade do século II aC. Este trabalho também perdeu-se, mas um longo fragmento dele foi preservado no comentário de Simplicio e nós temos posse de uma análise detalhada do sistema de Eudoxo” (DREYER, 1953, p. 91).

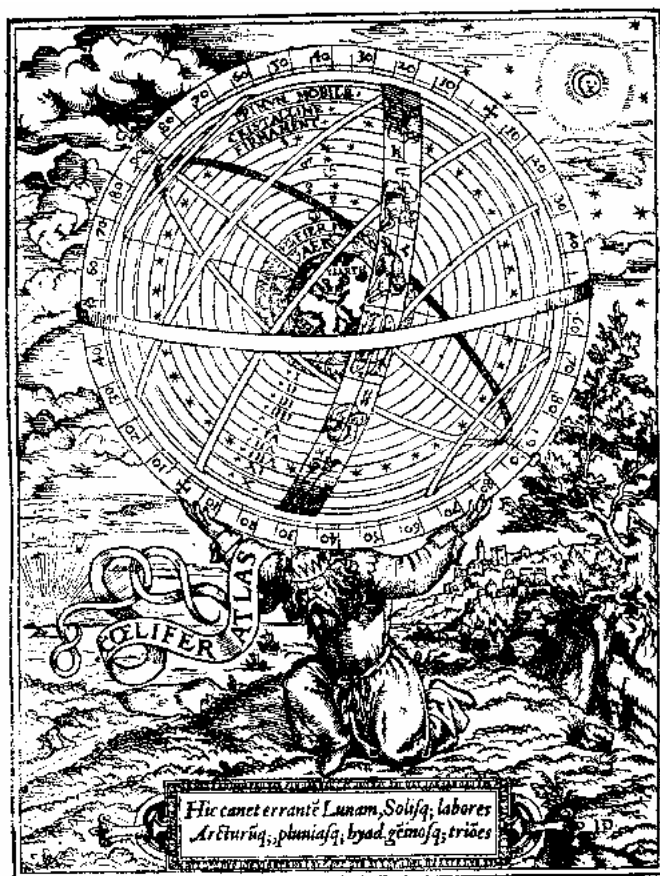


Figura 2. O diagrama mostra Atlas sustentando o Universo, composto dos quatro elementos aristotélicos, as esferas dos planetas e a esfera das estrelas fixas. O diagrama também mostra o Círculo do Zodíaco. A partir de W. Cunningham, *The Cosmographical Glasse*, 1558, *apud*. Cohen, 1980, p. 39.

A última esfera do conjunto de cada planeta, segundo Eudoxo, gira no mesmo eixo, direção e velocidade que a esfera das estrelas fixas. Com o movimento de cada uma destas últimas esferas, Eudoxo explica individual e independentemente o movimento diário do sol, lua e de cada um dos planetas, ou seja, através de estruturas geométricas independentes que não interferem entre si.

Segundo Aristóteles, no capítulo 8 do livro XII da *Metafísica*,³⁷

Eudoxo concebeu que a locomoção do sol, assim como a da lua, envolve três esferas, das quais a primeira seria a das estrelas fixas, a segunda, a que se move pelo círculo no meio do zodíaco³⁸, a terceira, a que se move pelo círculo que está inclinado na largura do zodíaco³⁹ (mas o círculo no qual se move a lua inclina-se em uma largura maior que o círculo no qual se move o sol); mas a locomoção de cada planeta envolve quatro esferas, entre as quais a primeira e a segunda são as mesmas que aquelas (de fato, a esfera das estrelas fixas é a que move todas, e a que se situa abaixo desta e tem sua locomoção pelo círculo no meio do zodíaco é comum a todas); já os pólos da terceira de cada planeta estão no círculo no meio do zodíaco, e a locomoção da quarta se dá pelo círculo que se inclina para o equador⁴⁰ desta última; os pólos da terceira esfera são peculiares aos demais planetas, mas os de Vênus e Mercúrio são os mesmos.

Calipo, por sua vez, concebeu a mesma posição das esferas que Eudoxo; já quanto ao número delas, estabeleceu o mesmo que aquele, para Júpiter e Saturno, mas, para o sol e a lua, julgou que deveriam ser acrescentadas, ainda, duas esferas, e, para cada um dos restantes planetas, apenas uma – se se pretende explicar os fenômenos. (ARIST., *Metafísica*, XII, 8, 1073^b 17-38)

³⁷ Adotei a tradução de Angioni do livro XII da *Metafísica*, publicada e comentada neste número dos *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*. Para uma discussão detalhada desta intrincada passagem, ver os comentários de Angioni, 2005, p. 171-200.

³⁸ Segundo Angioni, “neste caso, trata-se da esfera cuja locomoção se dá pelo círculo que bissecta longitudinalmente o zodíaco, isto é, a assim chamada “eclíptica”. Neste contexto, o sentido de “no meio” é bem preciso: supondo-se que o zodíaco seja limitado por duas retas paralelas, o círculo em questão (a eclíptica) é uma terceira reta, paralela às duas anteriores, e separada de cada uma delas por uma distância igual.” (ANGIONI, 2005, p. 191)

³⁹ “Neste contexto, a expressão “largura do zodíaco” é equivalente a algo como “faixa do zodíaco”, isto é, um espaço largo, delimitado por duas retas paralelas. O círculo em questão é inclinado em relação às retas paralelas que delimitam essa faixa (essa “largura”) e, conseqüentemente, é inclinado em relação à eclíptica, mas de tal modo que ele não ultrapassa os limites dessa faixa. Em outras palavras, ele atravessa a faixa do zodíaco transversalmente, sem transpor seus limites.” (ANGIONI, 2005, p. 191)

⁴⁰ Angioni seguiu Ross ao adotar o termo “equador”, mas, segundo ele, “é bom lembrar que essa noção não é expressa no texto de Aristóteles por nenhum termo específico, mas pela palavra “*meson*”, que quer dizer, apenas, *meio*, *centro*” p. 191.

Embora incorporando a base do sistema geométrico de Eudoxo e Calipo, Aristóteles deu uma interpretação física a ele e encerrou o sistema matemático das esferas concêntricas em um mecanismo físico. Assim, para Aristóteles, as esferas não são apenas representações de fórmulas matemáticas, mas antes elas têm realidade física compondo um vasto, porém finito, sistema que explica a real estrutura do Universo e o movimento de todos os planetas.

De acordo com o sistema proposto por Aristóteles, a esfera das estrelas fixas move-se diariamente de leste para oeste e arrasta consigo a mais exterior das esferas concêntricas que compõem o conjunto do primeiro planeta do seu sistema, Saturno. As outras esferas deste conjunto por sua vez movem-se com diferentes velocidades, algumas vezes em sentidos diferentes e em torno de diferentes eixos, produzindo o movimento de Saturno e impedindo que este seja carregado, tal qual uma estrela fixa, pelo movimento diário da esfera estelar. A última esfera do conjunto de Saturno, devido à sua posição e seus pólos, sentido e magnitude de sua velocidade de rotação, move-se com movimento idêntico ao da esfera das estrelas fixas, transmitindo seu movimento à esfera imediatamente posterior: a primeira esfera do planeta subsequente, Júpiter. Assim Júpiter mover-se-á como se as esferas de Saturno não existissem. Aristóteles propõe para cada um dos planetas uma engrenagem semelhante àquela proposta para Saturno.

Se essas esferas todas, ao serem compostas, pretendem explicar os fenômenos, necessariamente, para cada planeta, há outras esferas (cuja quantidade é o número das anteriores menos um) que se contrapõem, isto é, restituem para a mesma posição a primeira esfera do astro que se situa imediatamente abaixo: é apenas assim que todas essas coisas podem produzir a locomoção dos planetas. Assim, dado que as esferas em que eles se locomovem são, por um lado, oito, por outro, vinte e cinco⁴¹, e, entre essas, não é preciso que sofra contraposição apenas aquelas nas quais se

⁴¹ “Aristóteles [segundo Angioni] adota, como base inicial, o sistema de Calipo: é por isso que ele diz, de um lado, *oito* esferas e, de outro, *vinte e cinco* – oito é a soma das quatro de Júpiter e das quatro de Saturno, em relação às quais Calipo não avançou nenhuma novidade em relação a Eudoxo; vinte e cinco, por sua vez, é o resultado da soma das cinco esferas que Calipo (diferentemente de Eudoxo) atribuiu a cada um dos corpos restantes, a saber, Sol, Lua, Marte, Vênus e Mercúrio.” (ANGIONI, 2005, p. 191-2).

move o planeta que está situado na mais baixa posição⁴², serão seis as esferas que se contrapõem às esferas dos dois primeiros planetas, ao passo que serão dezesseis as que se contrapõem às esferas dos quatro planetas seguintes. Assim, o número inteiro das esferas que locomovem e das que se lhes contrapõem é cinquenta e cinco. Se não se acrescentar à lua e ao sol os movimentos que mencionamos, as esferas todas serão quarenta e sete. (ARIST., *Metafísica*, XII, 8, 1073^b38-1074^a 14).

Portanto, o número de esferas que compõem a estrutura cosmológica aristotélica é cinquenta e cinco (ou quarenta e sete). O movimento de todo o sistema é transmitido por contato de uma esfera para a outra. A última esfera, a da Lua, divide o Universo nas duas regiões: celeste e terrestre.

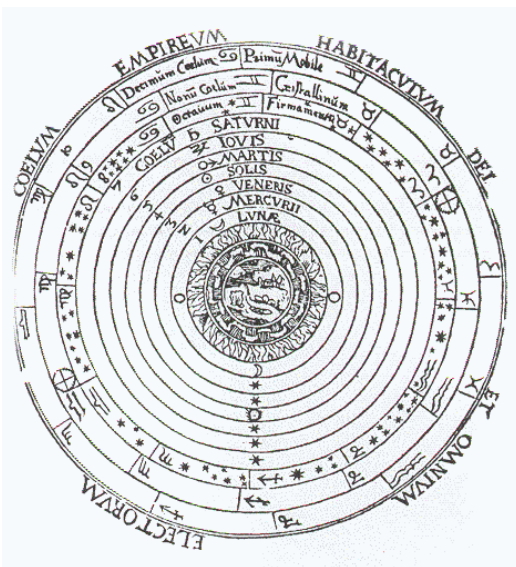


Figura 3. Cosmologia de Aristóteles. A partir de APIANUS, Petrus, *Cosmographia per gemma Physius Restituta*, 1539, apud CROMBIE, 1979, v. 1, p.130.

⁴² Segundo Angioni: a expressão, “o planeta que está situado na mais baixa posição”, “é muito concisa, “*to katôtatô tetagmenon*”, e não é claro se ela se refere à Lua ou a Mercúrio. A interpretação mais aceita entende tratar-se da Lua, mas isso gera algumas dificuldades” (ANGIONI, 2005, p. 192)

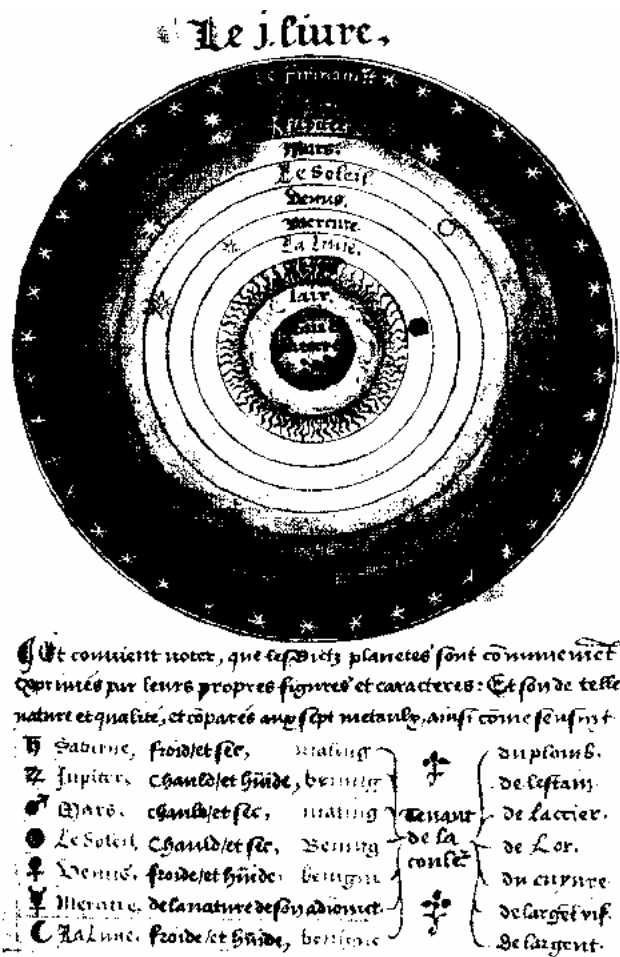


Figura 4. Diagrama do Universo geocêntrico aristotélico, a partir de Oronce Finé, *Le sphere du monde*, Paris, 1549 (traduzido pelo próprio Finé a partir do seu *De mundi spaera sivi cosmographia*, Paris, 1542), apud Cohen, 1980, p. 39.

Além da esfera das estrelas fixas, segundo Aristóteles, não há nada: nem matéria, nem lugar, nem vazio, nem tempo. Esta conclusão decorre da tese aristo-

télica da unicidade do mundo, que por sua vez está baseada na premissa de que se vários mundos existissem

seriam similares, em natureza, ao nosso. Além disso, cada um dos corpos – fogo, terra e seus intermediários – devia ter o mesmo poder que em nosso mundo... Claramente, então, um destes corpos mover-se-á naturalmente para longe do centro e outro para o centro, já que o fogo deve ser idêntico ao fogo, terra a terra, e assim por diante... Então, a partícula de Terra em outro mundo move-se naturalmente também para o nosso centro e o fogo para a nossa circunferência. Isto, contudo, é impossível, já que, se fosse verdade, a Terra devia, em seu próprio mundo, mover-se para cima e o fogo para o centro; do mesmo modo, a Terra do nosso mundo devia mover-se para o centro de outro mundo. Isto resulta a suposta justaposição dos mundos. Pois, ou nós devemos nos negar a admitir a natureza idêntica dos corpos simples em vários mundos, ou admitindo isto, devemos fazer o centro e a extremidade como sugerido, e sendo assim segue que não pode haver mais do que um mundo (ARIST., *De Caelo*, I, 8, 276^a 25-30 e 276^b 1-20).

A partir deste argumento, Aristóteles torna evidente que não somente não há nada, mas também que nunca poderia haver nenhum corpo fora da circunferência habitualmente chamada de todo ou totalidade, o Céu. O mundo, portanto, inclui toda matéria disponível: nem há agora, nem houve antes, nem poderá existir mais de um Céu, mas este nosso Céu é um, único e completo. “Além disso, é evidente que não há lugar, nem vazio, nem tempo fora do Céu. Pois em todo lugar há possibilidade de haver um corpo; e o vazio se define como aquele em que a presença de um corpo, embora não real é possível” (ARIST., *De Caelo*, 279^a 11-14).

5. Movimento Natural e Violento

No Universo aristotélico, cada uma das coisas, seja celeste ou terrestre, tem seu lugar natural e seu movimento natural para este lugar. Todo movimento que não é natural é violento.

Os movimentos de locomoção dos corpos naturais e simples, como por exemplo, o fogo, a terra e outros seres análogos, não só mostram claramente que o lugar é algo, como também que o lugar possui certa potência ativa (*dynamis*). Cada um dos seres, não havendo nada que os impeça, são levados para seus lugares próprios; uns para cima, outros para baixo.

Agora, estes são os tipos ou regiões dos lugares... Na natureza cada um deles é distinto e é determinado independentemente; tal que o 'para cima' [não é um lugar qualquer], mas, sempre o lugar ao qual naturalmente é levado o fogo, 'o para baixo' [tampouco é um lugar arbitrário], mas sempre aquele ao qual são naturalmente levados os seres pesados e os corpos terrestres; isto mostra que ambos lugares ['para cima' e 'para baixo'] diferem não só por suas posições relativas, mas também por possuírem potências diferentes. (ARIST., *Física*, IV, 1, 208^b 11-25).

Portanto, de acordo com Aristóteles, cada lugar tem uma certa potência (*dynamis*) específica capaz de produzir efeitos distintos; tal que corpos pesados movem-se, naturalmente, 'para baixo', seu lugar natural; e corpos leves 'para cima'.

Se todas as coisas estivessem em seus lugares naturais, não haveria razão para elas de lá saírem. Apenas através de violência (e aplicação de um esforço exterior) é que se poderia conseguir isso, contudo elas voltariam para seus lugares naturais tão logo cessasse a ação que causou o movimento, reencontrando assim o seu equilíbrio perdido e violado.

Mas, poder-se-ia perguntar por que todos os corpos leves e pesados movem-se para os seus lugares naturais? Certamente não é por suas próprias ações, pois isto é próprio dos animais e dos seres vivos, que são causas em si mesmos de seus movimentos sendo capazes de governarem suas ações, o que não é o caso das coisas leves e pesadas que são, por exemplo, incapazes de interromperem, elas mesmas, os seus próprios cursos.

Aristóteles responde a isso, no livro VIII da *Física* afirmando que todas as coisas movidas por suas naturezas são sempre movidas por algo, tal que a razão (*aitia*) da terra mover-se para baixo é que ela é naturalmente constituída para mover-se em direção ao centro ('para baixo') o mesmo acontecendo com cada um dos outros corpos que são constituídos naturalmente para moverem-se para suas respectivas direções.

Assim é claro que nenhuma destas coisas move-se por si, mas cada uma tem uma fonte de movimento (*arkhé kinéseos*), não de causar movimento (*kinein*), ou de agir (*poiein*), mas de passivamente ser submetida a ele (*paschein*). Se, então, todas as coisas [prosegue Aristóteles] que estão em movimento ou movem-se de acordo com suas próprias naturezas ou por violá-las e sob violência; se todas as coisas cujo movimento é violento, e contrário à natureza, são movidas por algum agente [motor] externo a elas, diferente delas próprias; e se todas as coisas cujo movimento é natu-

ral são, também, movidas por algum agente – tanto aquelas que são movidas por si [como, por exemplo, os animais], como aquelas que não são movidas por si, como, por exemplo, as coisas leves e pesadas, que são movidas ou diretamente por aquilo que de algum modo gerou (*gennésantos*) a coisa como tal e a fez leve ou pesada, ou incidentalmente por aquele que liberta o que estava impedindo ou prendendo – se tudo isto é assim, segue [conclui Aristóteles] que todas as coisas em movimento são movidas por algum agente [motor]. (ARIST., *Física*, VIII, 4, 255^b 30-256^a 5).

Ou seja, de acordo com a dinâmica aristotélica todo movimento local, natural ou violento, sempre exige a ação contínua e direta de uma causa, já que “tudo que é movido deve ser movido por algo” (ARIST., *Física*, VII, 241^b 24). Um motor é necessário não apenas para iniciar o movimento, mas também para mantê-lo: *omne quod movetur necesse est ab aliquo moveri*. Cessada a ação que ela exerce sobre o corpo em movimento, cessa o movimento (*Cessante causa cessat effectus*).

A ‘lei’ fundamental da dinâmica aristotélica – de acordo com a qual a velocidade de um corpo que se move em uma dada distância é determinada pela razão, ou proporção, e não pela diferença aritmética como propõe a dinâmica moderna, entre a ‘potência motriz’ e a resistência do meio – embora não tenha sido estabelecida em uma forma concisa através de uma notação matemática (tal como ocorre na física moderna) suas regras de proporcionalidade são bastante claras, como podemos notar na seguinte passagem do capítulo 5 do livro VII da *Física*.

Se, então o motor A moveu B em uma distância Γ no tempo Δ , então no mesmo tempo a mesma potência (*dynamis*) A moverá $\frac{1}{2}$ B em duas vezes a distância Γ , e em $\frac{1}{2}$ Δ moverá $\frac{1}{2}$ B em toda distância Γ : pois assim a regra da proporção será observada. Novamente se uma dada potência (*dynamis*) move um dado corpo a uma certa distância em um certo tempo, e metade desta distância em metade do tempo, [então] meia potência moverá a metade de tal corpo na mesma distância e no mesmo tempo.

Seja E metade da potência A e Z metade do corpo móvel B: então a razão entre a potência e o peso em um caso é similar e proporcional à razão no outro, tal que a potência causará o movimento através da mesma distância e no mesmo tempo (ARIST., *Física*, VII, 5, 249^b 30-250^a 10).

Ou seja, de acordo com a dinâmica aristotélica a ‘potência motriz’ (força motora) em contato direto com o corpo móvel é diretamente proporcional à distância percorrida pelo corpo e inversamente proporcional ao tempo gasto, ou ain-

da, a ‘potência motriz’ é diretamente proporcional ao que hoje chamamos de velocidade.

Afirma Aristóteles:

Nós vemos que um peso, ou corpo, move-se mais rápido do que outro por uma de duas razões, ou porque há uma diferença naquilo [no meio] através do qual ele se move, como entre a água, o ar, e a terra, ou porque, sendo as outras coisas iguais, o corpo móvel difere do outro por um excesso de peso ou leveza.

Agora o meio causa uma diferença porque ele impede [resiste] o corpo móvel, principalmente se ele [o meio] está movendo-se em direção oposta [ao que está se movendo nele], e com menor intensidade [mas ainda resistindo] se ele [o meio] está em repouso. Em especial [o meio oferece grande resistência] quando ele não é facilmente dividido, isto é um meio que é um pouco denso.

Portanto, A moverá através de B [meio] no tempo Γ , e através de Δ [meio] que é mais fino⁴³ ($\lambda\epsilon\pi\tau\omicron\mu\epsilon\rho\omicron\varsigma$) no tempo E (se o comprimento de B é o mesmo que o de Δ) na proporção das densidades de B e Δ respectivamente.

Pois seja B a água e Δ o ar, então tanto quanto o ar for mais fino [mais sutil ou mais rarefeito] e mais incorpóreo do que a água, mais rápido A se moverá através de Δ do que através de B. Seja a razão entre as velocidades a mesma que a razão entre a [densidade] da água e do ar. Então se o ar é duas vezes mais fino [mais rarefeito], o corpo atravessará B [a água] em duas vezes o tempo que ele atravessa Δ [o ar], e o tempo Γ será duas vezes o tempo E. E sempre, quanto mais o meio for incorpóreo e menos resistente e mais facilmente dividido, mais rápido será o movimento. (ARIST., *Física*, IV, 8, 215^a 24-215^b 10).

Assim a velocidade de um corpo em movimento é diretamente proporcional à “potência motriz” e inversamente proporcional ao poder de resistência do meio. É conveniente salientar que nesta passagem Aristóteles usa a noção de densidade, ou ‘mais fino’, para caracterizar o meio, mas, como bem notou Ernest Moody, no seu artigo Galileo and Avempace, Aristóteles usualmente caracteriza as diferenças no corpo móvel através dos termos ‘peso’ ou ‘natureza’.

Quando em movimento violento, a velocidade de um corpo móvel, segundo Aristóteles, é proporcional à potência motriz externa continuamente em contato direto com ele; contudo, quando em movimento natural (por exemplo, a queda livre) a causa motora está associada ao lugar natural do corpo em questão,

⁴³ W. D. Ross traduz a palavra $\lambda\epsilon\pi\tau\omicron\mu\epsilon\rho\omicron\varsigma$ por ‘mais fino’. E. Grant, no *Source Book in Medieval Science*, a traduz por ‘mais sutil’, ‘mais rarefeito’.

tal que o corpo mover-se-á mais rapidamente quanto maior for sua tendência para o seu lugar natural.

Portanto, corpos pesados, com maior tendência para o seu lugar natural, mover-se-ão mais rapidamente que corpos com menor tendência. Poder-se-ia chamar esta tendência de ‘peso’, e assim: corpos mais ‘pesados’ caem mais rapidamente que corpos menos pesados (ver: ARIST., *De Caelo*, 273^b 30-274^a 2 e *De Caelo*, 290^a 1-2) ⁴⁴.

Contudo, a palavra ‘peso’ aqui não deve ser entendida no sentido moderno, mas antes no sentido aristotélico, segundo o qual: o ‘peso’ de um corpo aumenta quanto mais próximo o corpo está de seu lugar natural. Isto explica, segundo Aristóteles, o movimento acelerado de queda dos corpos, pois no início da queda, estando os corpos mais distantes de seus lugares naturais, eles mover-se-ão mais lentamente; à medida que eles aproximam-se de seus lugares naturais, maiores serão as suas respectivas velocidades.

Este fato é apresentado por Aristóteles, no *De Caelo*, como evidência adicional do caráter finito do movimento local. Diz ele:

Que a locomoção não pode acontecer até o infinito é indicado pelo fato que a terra move-se mais rapidamente quanto mais próximo ela está do centro, e o fogo quanto mais próximo ele está da região superior. Se o movimento fosse através de uma distância infinita, a velocidade também seria infinita, e se a velocidade for infinita, então também seriam infinitos o peso e a leveza respectivamente. Pois, assim como um corpo que por causa de sua velocidade ocupasse uma posição inferior a outro corpo, deveria sua velocidade a seu peso, também um aumento infinito no seu peso significaria um aumento infinito em sua velocidade. (ARIST., *De Caelo*, I, 8, 277^a 27-33).

Agora, se todo movimento local sempre exige a ação contínua e direta de uma causa (potência motriz), como explicar o movimento violento, tal como o lançamento de uma flecha ou pedra horizontalmente ou verticalmente para

⁴⁴Analogamente os corpos mais leves mover-se-ão, para cima, mais rapidamente que os corpos menos leves, pois “aqueles corpos que têm um maior impulso de peso ou leveza, se eles são semelhantes em outros aspectos, movem-se mais rápido através de uma igual distância, e na proporção da magnitude de cada um” (ARIST. *Física*, 216^a 13-16).

cima? No início, a potência projetora poderia ser identificada com potência motriz, contudo, depois que os projéteis não estão mais em contato direto com o motor que os lançou, para que o seu movimento se mantenha seria necessário um agente (motor) contínuo em contato com eles. Aristóteles postula que:

se se diz que o motor em tais casos move algo mais ao mesmo tempo em que lança os projéteis, por exemplo, move também o ar, e este ao ser movido é também um motor, então não seria mais possível para esta segunda coisa do que para a coisa original estar em movimento quando o motor original não está em contato com ela ou movendo-a: todas as coisas movidas estariam em movimento simultaneamente, e também cessariam seus movimentos simultaneamente quando o motor original parasse de movê-las... É preciso, pois, chegar à conclusão de que o que é movido primeiro dá o poder de ser um motor ao ar ou à água ou a algo como eles, adaptados naturalmente para moverem e serem movidos. Embora esta coisa não deixe de mover e de ser movida simultaneamente: ela cessa de estar em movimento no momento que seu motor cessa de movê-la, mas ela ainda permanece um motor, e assim ela move algo que está consecutivo a ela; e deste o mesmo pode ser dito. O movimento começa a cessar quando a potência motriz concedida a um dos membros da série consecutiva é em cada estágio menor do que aquela que foi concedida ao membro precedente, e finalmente cessa quando um membro não mais causa no próximo membro a capacidade de ser motor, mas somente a de ser movido. Então, simultaneamente devem parar o motor, o movido e todo movimento. (ARIST., *Física*, 266^b 30-267^a 15).

O movimento violento é também discutido por Aristóteles no livro IV da *Física*, onde ele afirma que: os projéteis são movidos adiante, mesmo depois que aquilo que deu a eles seu impulso não mais os esteja tocando, ou 1) pela razão da substituição recíproca (*antiperistasis*) de acordo com a qual o ar empurrado adiante pelo projétil volta e toma o lugar do projétil, e então o empurra adiante; ou 2) pelo fato de que o ar, que foi empurrado no instante em que o projétil é inicialmente disparado, move-se com um movimento mais rápido do que a locomoção natural, para baixo, do projétil, empurrando assim o projétil adiante. Aristóteles, claramente, parece abraçar esta segunda explicação para o movimento retilíneo violento (a este respeito ver: ARIST., *Física*, IV, 8, 215^a 15-20).

Este movimento violento se mantém até que a 'potência motriz' originalmente impressa nesta porção de ar se dissipe. Assim, o meio, segundo Aristóteles, oferece tanto a causa motriz como a resistência do movimento violento. Esta

dupla função desempenhada pelo meio se dá devido à natureza particular do meio, seja ele ar ou água, sendo por um lado leve e por outro pesado.

Segundo Aristóteles, no movimento natural (queda livre dos corpos), assim como no movimento violento (lançamento de projéteis), “o ar é empregado como um tipo de instrumento de ação, pois é a natureza deste elemento ser tanto leve como pesado. Na medida em que é leve, ele produz o movimento para cima, uma vez que tenha sido empurrado e recebido um impulso de uma força original; e na medida em que é pesado o movimento para baixo” (ARIST., *De Caelo*, III, 2, 301^b 22-26).

6. “*Natura abhorret vacuum*”

Uma importante consequência da concepção aristotélica do movimento é o fato de que no vazio nem a *antiperistasis* nem a outra explicação para o movimento de projéteis (aquela que Aristóteles parece abraçar) podem ocorrer. Diz Aristóteles:

As coisas que são lançadas movem-se mesmo que aquilo que deu a elas seus impulsos não mais as esteja tocando, ou pela razão da substituição recíproca (*antiperistasis*), como alguns sustentam, ou porque o ar que foi empurrado as empurra com um movimento mais rápido do que a locomoção natural dos projéteis, por meio da qual eles são movidos para os seus lugares naturais. Mas no vazio nenhuma destas coisas pode acontecer, nem nada poderia ser movido, exceto se carregado. (ARIST., *Física*, IV, 8, 215^a 15-20)

Por um lado, sem o meio um movimento violento não teria causa, uma vez perdido o contato entre o corpo móvel e o motor que o lançou. Por outro lado, a resistência sendo nula, as velocidades de todos os objetos em movimento, quer natural, quer violento, no vazio seriam iguais, já que os corpos menos pesados dividiriam o vazio tão facilmente quanto os mais pesados (pois não haveria um meio resistindo a eles) ao contrário do que acontece no pleno, onde, como vimos, os corpos, menos pesados, com maior dificuldade em cindir o meio, mo-

vem-se mais lentamente do que aqueles com menor dificuldade (ver: ARIST., *Física*, IV, 8, 215^a 24-215^b10; e IV, 8, 216^a 12-20)⁴⁵ Diz Aristóteles:

As [conseqüências] seguintes baseiam-se num excesso [de peso] de um corpo móvel sobre outro. Vemos que os corpos que têm um maior impulso, seja de peso ou de leveza, se são iguais em outros aspectos, movem-se mais rapidamente num 'espaço' igual, e na proporção de suas magnitudes. Portanto eles também mover-se-ão através do vazio com tal proporção de velocidade. Mas isto é impossível; pois por que deveriam mover-se mais rápido? (Ao moverem-se através dos *plenos* isto deveria ser assim; pois o maior divide-os mais rapidamente, por sua força. Pois um móvel fende o meio ou por sua forma, ou pelo impulso que o corpo que é projetado adiante possui). Então todos possuirão uma velocidade igual. Mas isto é impossível. (ARIST., *Física*, IV, 8, 216^a 13-20).

Não havendo resistência do meio, não haveria razão para um corpo mais pesado mover-se mais rápido que o mais leve.

Além disso, as velocidades dos corpos em movimento no vazio seriam infinitas, pois à medida que a resistência diminui a velocidade aumenta; se fosse possível diminuir a resistência a zero, a velocidade aumentaria ao infinito e Aristóteles percebe isso ao analisar a proporção entre as velocidades de dois corpos iguais que se movem em dois meios diferentes, mas plenos. Segundo ele, a razão entre as velocidades nestes dois meios é inversamente proporcional à razão entre as respectivas resistências; ora, mas não há nenhuma proporção entre o vazio e um corpo que permita medir o quanto um excede o outro, assim como não há proporção entre o *zero* e um número,

pois, [diz Aristóteles] se 4 excede 3 por 1, e excede 2 por mais que 1, e excede 1 por mais ainda do que excede 2, mas não há nenhuma proporção pelo que ele exceda *zero*⁴⁶; porque aquilo que excede deve ser divisível em [duas partes] o excesso e aqui-

⁴⁵Um corpo que se move através do pleno, mover-se-á mais rápido que outro por uma de duas razões: ou porque são diferentes os meios através dos quais eles se movem, ou porque, os outros aspectos sendo iguais, os corpos móveis diferem um do outro por excesso de peso ou leveza (ver: ARIST., *Physica*, IV, 8, 215^a24).

⁴⁶O que foi aqui traduzido por *zero*, literalmente seria *não um*. Averrões (1126-1198), um dos mais importantes comentadores de Aristóteles do século XII, ao comentar esta passagem da física, refere-se ao *zero* como *ao quo non dicitur unum* (o que não é chamado um).

lo que é excedido, tal que 4 será [divisível em duas partes] o que ele excede *zero* e o *zero*. Por esta razão, também, uma linha não excede um ponto – uma vez que ela não é composta de pontos. Do mesmo modo, o vazio não pode manter nenhuma proporção para com o pleno, nem pode o movimento através de um estar para o movimento através do outro, mas se uma coisa move-se através de um meio mais cheio [denso] em tal e tal distância e em tal e tal tempo, ela mover-se-á através do vazio com uma velocidade além de qualquer proporção (ARIST. *Física*, IV, 8, 215^b 20-23);

portanto, haveria movimentos instantâneos. O que é, para Aristóteles, absurdo. Este é um dos argumentos mais fortes usado por Aristóteles contra a possibilidade do vazio⁴⁷.

Mas, ainda que um corpo levasse algum tempo para mover-se no vazio, Aristóteles conclui que este tempo seria igual ao tempo que o mesmo corpo levaria para percorrer um meio não vazio, mas bastante rarefeito o que segundo ele é absurdo. No seu argumento, Aristóteles parte da suposição de que Z é vazio, e tem a mesma magnitude que o meio B (água) e o meio Δ (ar), que é mais rarefeito que B, então um corpo A mover-se-á através de Z num certo tempo H, que é menor que o tempo (E) gasto por A para percorrer Δ, tal que o vazio estará para pleno assim como H estará para E (isto segue do argumento desenvolvido anteriormente na *Física*, IV, 8, 215^a 24-215^b 10).

Mas em um tempo igual a H, A percorrerá a parte Θ de Δ. E, certamente também atravessará neste tempo qualquer substância Z que exceda o ar em densidade na proporção em que o tempo E está para o tempo H. Pois se o corpo Z for tão mais

⁴⁷A definição do vazio mais comumente aceita na Idade Média, quando este era suposto é aquela presente no *De Caelo*, segundo a qual “o vazio é aquilo em que é possível, mas não existe a presença de um corpo” (ARIST., *De Caelo*, I, 279^a12-6). Mas para Aristóteles, como bem notou Grant, o “vazio era a não-existência, ou a privação do ser. Ele argumentava que se o vazio existisse, ele seria algo – isto é, um lugar sem nenhum corpo, mas capaz de receber um corpo. Convencido, contudo, por um variedade de razões de que ele não existe, ele descreve-o como não-existência, ou privação do ser. A despeito da negação da existência, Aristóteles tinha, em termos medievais, formulado a aceita ‘*quid nominis*’, ou definição nominal do vazio. Assim, Aristóteles define o vazio em termos positivos, mas conclui que ele era uma privação, ou uma entidade não existente” (GRANT, 1981, p. 10).

fino [mais rarefeito] que Δ quanto E excede H, [então] se A move-se através de Z, atravessá-lo-á em um tempo inverso à velocidade do movimento, isto é num tempo igual à H. Se, então não houver corpo em Z, A atravessará Z ainda mais rapidamente. Mas nós supusemos que seu percurso de Z, quando Z era vazio, ocupava o tempo H. Tal que, ele [A] atravessará Z em um igual tempo, quer Z esteja cheio quer esteja vazio. Mas isto é impossível. É claro então que se há um tempo no qual ele [A] move-se através de qualquer parte do vazio, seguir-se-á este resultado impossível: encontrar-se-á que A atravessará uma certa distância, quer esteja cheia quer vazia, em um tempo igual; pois haverá algum *corpo* que estará para outro corpo na mesma proporção que o tempo está para o tempo. (ARIST., *Física*, IV, 8, 215^b 25-216^a 10).

Supondo que H seja igual a 1 hora e E a 2 horas, se eu tomar o ar metade rarefeito ou metade menos denso, o corpo levará 1 hora para percorrer o ar mais rarefeito. Mas 1 hora é o tempo que o corpo leva para percorrer o vazio. Portanto o corpo A levará o mesmo tempo para percorrer o vazio ou o pleno.

Uma outra propriedade que o movimento possuiria no vazio, e que leva Aristóteles a negar a existência real do vazio é paradoxalmente a enunciação do movimento inercial, derivado a partir da aplicação do princípio da razão suficiente às condições obtidas no vazio.

Segundo Aristóteles, além do fato de que no vazio o movimento violento não teria causa, uma vez perdido o contato direto entre o corpo móvel e o motor que o lançou,

não poderíamos dizer porque uma coisa uma vez colocada em movimento pararia em algum lugar, porque ela pararia mais aqui do que ali? Tal que uma coisa ou estaria em repouso ou deveria mover-se *ad infinitum*, a menos que alguma coisa mais poderosa entrasse no seu caminho. (ARIST. *Física*, IV, 8, 215^a 19-21).

Portanto, na ausência de um meio material haveria movimentos inerciais, o que para Aristóteles é absurdo. Aristóteles enuncia a inércia como parte de um argumento de redução ao absurdo, onde a existência do vazio agiria como hipótese de redução, para em seguida negar a possibilidade do vazio.

Ainda neste capítulo 8 do livro IV da *Física*, uma outra questão é levantada com respeito à impossibilidade do vazio, trata-se do movimento que seria causado pelo vazio, se ele existisse. Se o vazio não pode ser a causa da locomoção,

questiona Aristóteles, de qual movimento ele seria causa? Se o vazio é um lugar no qual, embora possível, não há nenhum corpo, então para onde se deslocarão os corpos nele introduzidos?

Se todo movimento é natural ou violento, e para que exista qualquer tipo de movimento é necessário que exista o movimento natural – pois o movimento violento é *contrário à natureza* e, portanto, posterior ao movimento natural, que é conforme a natureza – então, se cada um dos corpos naturais não tem um movimento natural, nenhum outro movimento poderá existir, mas:

como pode haver um movimento natural quando não existe nenhuma diferença em todas as partes do vazio? Pois, assim como no infinito não há nem para cima, nem para baixo, nem para o meio; do mesmo modo não há no vazio um *para cima* diferente de um *para baixo*, pois não há nenhuma diferença naquilo que é nada, não há nada no vazio (pois o vazio parece ser uma *não-existência*, e uma privação do ser), mas a locomoção natural parece ser diferenciada, tal que as coisas que existem por natureza devem ser diferenciadas. Portanto, ou nada tem uma locomoção natural, ou não há vazio. (ARIST., *Física*, IV, 8, 215^a 1-15)

Se no vazio não existe uma direção preferencial, porque nele não há lugar natural (todas as partes no vazio são idênticas), então não há movimentos naturais (nem para cima, nem para baixo, nem para o meio). Mas os corpos tenderiam para todas as direções igualmente? A reflexão sobre esta questão levou a alguns comentadores medievais de Aristóteles afirmarem que o movimento no vazio é impossível, pois nele os corpos mover-se-iam em todas as direções simultaneamente, já que não há razão para eles moverem-se mais para uma do que para outra direção, o que é, inegavelmente, absurdo.

Averrões (1126-1198), um dos mais importantes comentadores de Aristóteles do século XII, por sua vez, acreditava que, como não há espaços diferenciados no vazio, os corpos mover-se-iam nele em qualquer direção para a qual fossem empurrados por uma força motriz – e, não havendo lugar natural para onde tais corpos tendessem, onde eles, uma vez chegando, permaneceriam em repouso – mover-se-iam *ad infinitum*, o que inegavelmente é absurdo, dentro da física aristotélica.

Seja como for, supondo a existência do vazio, há necessidade de se negar que o movimento requer lugares diferenciados, o que está, como visto acima, na base da dinâmica aristotélica.

Resumindo: se o movimento no vazio for admitido, a partir da dinâmica aristotélica, pode-se deduzir que ele seria:

a) inercial, pois não haveria um meio resistindo a ele nem um lugar natural onde os corpos móveis repousariam; portanto, eles continuariam seu movimento *ad infinitum*;

b) instantâneo, já que a velocidade, segundo Aristóteles, é inversamente proporcional à densidade do meio, que neste caso é igual a zero, logo a velocidade dos corpos em movimento no vazio seria infinita.

E todos os corpos mover-se-iam no vazio:

c) com velocidades iguais, independentemente dos seus pesos, já que todos os corpos dividiriam o vazio com igual dificuldade;

d) em qualquer direção, ou talvez em todas as direções, pois não há no vazio lugares diferenciados;

e) e num tempo igual ao tempo que estes mesmos corpos levariam para moverem-se em um meio não vazio mas bastante rarefeito.

Além dos argumentos de caráter físico – que derivam conseqüências fisicamente absurdas a partir da suposição do vazio –, Aristóteles apresenta um outro argumento de caráter puramente lógico, derivado de seu conceito de lugar: “um vazio pressuporia um ambiente no qual os corpos deviam ser colocados, mas no qual, todavia, nenhum corpo está presente um *locus sine corpore locato*, o que é uma contradição lógica. Um vazio é portanto inconcebível” (DIJSTERHUIS, 1986, p.39).

Portanto conclui Aristóteles: “não há um vazio separado” (ARIST., *Física*, IV, 8, 216b 20).

Abstract: *The aim of this paper is debating Aristotle's theory of movement, considering it intimately associated with his cosmology, which conceive the Cosmos as ungenerated and unperished thing, i.e., without a beginning or end, since matter, itself, had never being generated.*

Bibliografia

- ANGIONI, L. Comentários ao Livro XII da *Metafísica* de Aristóteles. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 15, n. 1, p. 171-200, 2005.
- AQUINO, T., *Commentary on Eighth Books of the Physics of Aristotle*.
- ARISTOTLE, *Physics, books I-IV*. Trad. de P. H. Wicksteed & F. M. Cornford. Cambridge: Harvard University Press, 1980. (edição bilingue, grego-inglês). (*Loeb Classical Library*).
- _____, *Physics, books V-VIII*. Trad. de P. H. Wicksteed & F. M. Cornford. Cambridge: Harvard University Press, 1980. (edição bilingue, grego-inglês). (*Loeb Classical Library*).
- _____, *Physics*. Trad. de R. Waterfield, com int. e notas de D. Bostock. Oxford: Oxford University Press, 1996.
- _____, *Aristotle's Physics, a revised text with introduction and commentary by W. D. Ross*. Oxford: Clarendon Press, 1966.
- _____, Física I – II. Tradução e notas L. Angioni. Campinas: IFCH, 2002.
- _____, *Metaphysics*. Trad. de W. D. Ross. In: HUTCHINS, R. M. (Ed.) *Great books of the western world*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 8, p. 499-626.
- _____, *Metafísica*, livros VIII e IX. Tradução e notas L. Angioni. Campinas: IFCH, 2002.
- _____, *Metafísica*, livro XII. Tradução L. Angioni. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 15, n. 1, p. 201-221, 2005.

- _____, *On the heavens*. Trad. de J. L. Stocks. In: HUTCHINS, R. M. (Ed.) *Great books of the western world*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 8, p. 359-405.
- CHARLTON, William. *Aristotle's Physics - Books I and II*. Tradução e comentário, Oxford, Clarendon Press, 1992 (reedição com novo material). Comentário *ad I-7*.
- COHEN, I.B. *From Leonardo To Lavoisier: 1450-1800*. New York: Charles Scribner, 1980. (Album of Science)
- CROMBIE, A. *Augustin to Galileo*. Cambridge: Harvard University Press, 2v, 1979
- DIJSTERHUIS, *The mechanization of the world picture*. Trad. de C. Dikshoorn. London: Oxford University Press, 1986.
- ÉVORA, F. R. R., *A revolução copernicano-galileana: Astronomia e cosmologia pré-galileana*. Campinas: CLE-UNICAMP, v.1 e 2, 1988.
- _____, Filopono e Descartes: Conceito de Extensão Material. *Analytica*, v.2, n.2, 1997, p. 83-104.
- _____, Filopono e a crítica ao conceito de matéria *prima*. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v.10, n.1, 2000, p. 55-76.
- _____, *Physis, kinesis, topos e kenon*: um estudo da teoria aristotélica do movimento. *Cadernos Espinosamos*, v. 8, 2002, p. 52-74.
- _____, A crítica de Filopono de Alexandria à tese aristotélica de eternidade do mundo. *Analytica*, v.7, n.1, 2003. p. 15-47.
- FURLEY, D. (ed.), *From Aristotle to Augustine*. London: Routledge, 1999 (Routledge History of Philosophy, v. II).
- GRANT, E., *Much Ado About Nothing*. Cambridge: Cambridge, 1981.
- HEATH, T. *Mathematics in Aristotle*. New York: Garland Publishing, Inc. 1980.
- MACHAMER, P. Aristotle's on natural place and natural motion. *Isis*, v. 69, 1978. p. 377-87.

- MANSION, A. *Introduction à la physique aristotélécienne*, 2ème édition revue et argumentée, Louvain, Institut Supérieur de Philosophie, 1945.
- MENDEL, H. Topoi on topos: The development of Aristotle's concept of place. *Phronesis* V. 32 (2), 1987. p. 206-31.
- MOODY, E. Galileo and Avempace. *Journal of the History of Ideas*, v. 12, p.163-93, 1951.
- OWEN, G. E. L. Aristotle: Physics, Method and Cosmology, in *Logic, Science and Dialectic*, (edited by Martha Nussbaum), London, Duckworth, 1986.
- PHILOPONUS, J., *On Aristotle Physica 2*. Trad. de A. R. Lacey. London: Duckworth & Co. Ltd., 1993. (*Ancient Commentators on Aristotle*. SORABJI, R.(ed.)).
- _____, *On Aristotle Physica 3*. Trad. de M. J. Edwards. London: Duckworth & Co. Ltd., 1994. (*Ancient Commentators on Aristotle*. SORABJI, R.(ed.)).
- _____, *On Aristotle Physica 5-8; with SIMPLICIUS, On Aristotle on the void*. Trad. de Paul Lettinck & J. Urmson. London: Duckworth & Co. Ltd., 1994. (*Ancient Commentators on Aristotle*. SORABJI, R.(ed.)).
- _____, *Place, Void, and Eternity. Philoponus: Corollaries on Place and Void*. trad de David Furley, with SIMPLICIUS, *Simplicius: Against Philoponus on the Eternity of the World*. trad. de Christian Wildberg. New York: Cornell University Press, 1991. (*Ancient Commentators on Aristotle*. SORABJI, R.(ed.)).
- ROSS, W. D., *Aristotle's Physics, a revised text with introduction and commentary*. Oxford: Clarendon Press, 1966.
- SAMBURSKY, S., *The Physical World of Late Antiquity*. London: Routledge & Kegan Paul, 1987.
- SCHMITT, C., Philoponus' Commentary on Aristotle's Physics in the Sixteenth Century. In: SORABY, R. (ed.), *Philoponus and the rejection of Aristotelian science*. New York: Cornell University Press, 1987.

- SIMPLICIUS, *On Aristotle's Physics* 6. Trad. de David Konstan. New York: Cornell University Press, 1989.
- , *On Aristotle Physica* 7. Trad. de Charles Hagen. London: Duckworth & Co. Ltd., 1994. (*Ancient Commentators on Aristotle*. SORABJI, R.(ed.)).
- , *On Aristotle on the void*. in PHILOPONUS, *On Aristotle Physica* 5-8; with SIMPLICIUS, *On Aristotle on the void*. Trad. de Paul Lettinck & J. Urmson. London: Duckworth & Co. Ltd., 1994. (*Ancient Commentators on Aristotle*. SORABJI, R.(ed.)).
- , *Corollaries on Place and Time*. Trad. de J. O. Urmson. New York: Cornell University Press, 1992. (*Ancient Commentators on Aristotle*. SORABJI, R.(ed.)).
- SOLMSEN, Friederich. *Aristotle's System of the Physical World*, Ithaca, NY, Cornell University Press, 1960.
- SORABJI, R., *Matter, Space and Motion: theories in Antiquity and Their Sequel*. London: Duckworth & Co. Ltd., 1988.
- WARDY, R. *The Chain of Change: a study on Aristotle's Physics VII*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- WATERLOW, Sarah, *Nature, Change, and Agency in Aristotle's Physics*. Oxford: Oxford University Press, 1982.
- WIELAND, Wolfgang. *La Fisica di Aristotele*, trad. de Carlo Gentili, Bologna, Società Editrice Il Mulino, 1993 (ed. alemã de 1970).
- WIELAND, W. Aristotle's Physics and the Problem of Inquiry into Principles, in *Articles on Aristotle*, v. 1, ed. Barnes, Schofield, Sorabji, Londres, Duckworth, 1975.