Uma observação sobre as dinâmicas planetárias Leibniziana e Newtoniana na visão de Michel Serres[1]

(A remark on Leibnizian and Newtonian planetary dynamics in the vision of Michel Serres)

Raquel Anna Sapunaru

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Resumo: O comentador Michel Serres afirma em seu livro *Le système de Leibniz et ses modèles mathématiques* que há uma equivalência entre as dinâmicas planetárias de Leibniz e de Newton. A prova dessa equivalência é desenvolvida a partir da "Lei da Circulação Harmônica", enunciada por Leibniz no texto *Tentamen de motuum coelestium causis*, de 1698. Nela, Serres toma a equação que expressa matematicamente a referida lei e, através de uma simples operação de derivação, alega ter chegado à equação newtoniana da gravitação universal. Com isso, Serres pretende estabelecer uma conexão entre Leibniz e Newton fundado na "ação a distância", um dos pontos de maior divergência entre estes filósofos. Afirmo que a ideia de Serres está, no mínimo, equivocada, pois, sua operação de derivação não foi bem definida, pois a variável temporal necessária para a obtenção do resultado desejado por ele não foi sequer empregada. Além disso, Serres parece não ter levado em conta outros importantes fatores de ordem filosófica que corroboram as distâncias de pensamento entre Leibniz e Newton em torno da questão da dinâmica planetária: estas questões se encontram na base do leibnizianismo.

Palavras-chave: Serres, Leibniz, Newton, dinâmica planetária

Abstract: The commentator Michel Serres asserts in his book *Le système de Leibniz et ses modèles mathématiques* that there is an equivalence between the planetary dynamics of Leibniz and Newton. The proof of this equivalence is developed from

1 Agradeço ao meu marido, Professor Filadelfo Cardoso Santos, IF-UFRJ, pelas discussões e observações que muito enriqueceram este trabalho.

the "Law of Harmonic Circulation", enunciated by Leibniz in the text of *Tentamen de motuum coelestium causis*, of 1698. In it, Serres takes the equation that expresses mathematically the mentioned law and, using a simple operation of derivation, claims to have reached the Newtonian equation of universal gravitation. Hence, Serres intends to establish a connection between Leibniz and Newton founded in the "action at a distance," one of the major points of divergence between these philosophers. I affirm that the idea of Serres is at least misleading, because his operation of derivation was not well defined, since the required variable of time for obtaining the result desired by him was not even employed. Furthermore, Serres seems not to have taken into account other important factors of philosophical matter which corroborate the distances of thoughts between Leibniz and Newton around the question of planetary dynamics: these issues lie at the basis of Leibnizianism.

Keywords: Serres, Leibniz, Newton, planetary dynamics

As conturbadas relações entre G. W. Leibniz e Isaac Newton são públicas: espíritos diferentes, visões de mundo diferente, culturas diferentes, mas a física também era diferente? Penso que não tanto assim. As diferenças abissais existentes entre Leibniz e Newton em torno de questões relativas à física estavam restritas às interpretações metafísicas dos conceitos e não aos conceitos *in se*. Em outras palavras, entendo que na maioria das questões ligadas estritamente à física, Leibniz e Newton caminharam ombro a ombro, ainda que não percebessem. Vale ressaltar que as contribuições leibnizianas para a física newtoniana, conforme apresentada nos dias de hoje, não são totalmente desconhecidas, pois filósofos e comentadores como Pierre Costabel, Michel Fichant, Joseph Agassi, Martial Gueroult e Michel Serres, e os físicos M. Jammer e M. A. Rothman, entre outros pensadores, já vêm alertando os demais pesquisadores para este fato há algum tempo.

Porém, não posso negar que dentre os inúmeros conceitos físicos explorado por Leibniz e Newton havia alguns irremediavelmente inconciliáveis. O principal deles seria a aceitação por parte de Leibniz da "Lei da Gravitação Universal" de Newton que envolvia as forças de "ação a distância". Lembro que nem o próprio Newton aceitava integralmente as forças de "ação a distância", mas, diferentemente de Leibniz, ele não as rejeitou e comprometeu-se em explicá-las melhor. No "Escólio Geral" do *Philosofiae Naturalis Principia Mathematica*, Newton aclara a questão:

> Embora anteriormente eu tenha explicado o fenômeno dos céus e do nosso mar através do poder da gravidade, eu ainda não determinei sua causa. [...]. *Eu não tenho ainda condições de deduzir da experiência a razão dessas propriedades da gravidade*, e não faço hipóteses. *Como tudo aquilo que não é dedutível da experiência, isto é então chamado de hipótese; e hipóteses, se metafísicas ou físicas, se qualidades ocultas ou mecânicas, não têm lugar na filosofia experimental*. (*grifo meu*) (NEWTON, 1999, p.943).

Assim como Leibniz, Newton também não era partidário das "qualidades ocultas". No entanto, por trás da rejeição de Leibniz às forças de "ação a distância" de Newton encontrava-se a marca registrada de sua filosofia. Leibniz construiu um pensamento original onde a metafísica se articulava perfeitamente com questões que hoje são consideradas do âmbito das *hard sciences*. Sua filosofia, repleta de nuances e reveses, serviu de pressuposto metafísico para vários objetos de estudo das ciências físicas, químicas, matemáticas e biológicas. A seu turno, Newton concentrou-se em ir mais além dentro do universo restrito à física. A partir dos estudos astronômicos de Johannes Kepler, Newton conseguiu finalmente explicar por que as órbitas eram elípticas e, mais do que isto, ele conseguiu romper definitivamente com a idéia de que existiam dois mundos físicos distintos: um longe da Terra, nos céus, e outro próximo à Terra. Finalmente, "a pedra cai" sob a mesma luz que a "Terra gira em torno do Sol".

Por conta dessas diferenças, a tão aclamada a literatura histórico-filosófica sobre do século XVII, sempre ressaltou as disputas e querelas entre Leibniz e Newton, ora sobre a invenção do cálculo, ora sobre a ontologia do espaço e do tempo. A história e a própria filosofia parecem ter esquecido que Leibniz e Newton eram filósofos contemporâneos e, portanto, poderiam ter partilhado de pensamentos e ideais comuns àquele tempo. Infelizmente, esse esquecimento desempenhou, e continua desempenhando, o papel da "cortina de fumaça" que mascara a verdadeira relação, ou pelo menos a relação que deveria interessar, entre Leibniz e Newton, isto é, a relação das ideias. Por esta razão, acredito que ao arrazoar as questões que tangem simultaneamente ao o leibnizianismo e ao o newtonianismo, deve-se procurar resgatar a relevância de ambos os pensamentos para a metafísica e, fundamentalmente, para a física. Logo, os historiadores e filósofos da física deveriam se concentrar em extrair das ideias de Leibniz e Newton mais semelhanças que diferenças, visto que foram estas semelhanças que serviram de matérias primas para os pensadores iluministas que os sucederam.

Em linhas gerais, a idéia desse viés de pensamento que aqui proponho não é introduzir uma maneira nova de ler Leibniz, no que diz respeito à totalidade de seu sistema. No entanto, almejo lançar um novo olhar sobre a relação Leibniz-Newton em torno dos problemas específicos no âmbito da física. Dentro desse limite físico, não se pode encarar a filosofia de Leibniz a partir de uma perspectiva histórica puramente factual na qual os acontecimentos o afastam irreconciliavelmente de Newton. Conseqüentemente, acredito mais numa perspectiva histórica cujos conceitos físicos aproximaram Leibniz e Newton em diversos pontos; e esta perspectiva tem como ponto de partida os conceitos de espaço e força.

Reforço que o intuito deste artigo não é desqualificar as interpretações que separam de maneira categórica as ideias de Leibniz e Newton, nem tampouco aproximá-los a qualquer custo, mas, como disse anteriormente, vislumbro apenas lançar um olhar novo sobre algumas questões das físicas leibniziana e newtoniana, ou seja, propor um novo modo de arrazoar a relação entre estes dois pensadores no que concerne às questões ligadas à filosofia natural. De fato, acredito que havia entre Leibniz e Newton um grande desacordo de egos e de concepções metafísico-teológicas, visto que ambos os pensadores, juntamente com suas ideias e seus ideais, ajudaram a preparar o mundo para o pensamento iluminista que viria a seguir.

Priorizando esta ideia de conciliação, observo que as físicas desses pensadores rivais no plano metafísico, começaram a se unir a partir da segunda metade do século XVIII, principalmente pelas mãos dos físicos e matemáticos Leonhard Paul Euler e Jean le Rond d'Alembert, cujas contribuições foram fundamentais no desenvolvimento da mecânica atual. Particularmente, D'Alembert dedicou-se ao estudo da verdadeira medida de uma força. A diferença entre a energia cinética, $\frac{1}{2}mv^2$ e o momento linear, mv, representações das forças de Leibniz e de René Descartes, respectivamente, não foram claramente entendidas até a segunda metade do século XVIII. Os pensadores de então, se indagavam qual das duas grandezas, mv^2 ou mv, representaria a verdadeira medida do efeito de uma força sobre o corpo. Do ponto de vista moderno da física, a assertiva de Descartes aquando da colisão entre corpos significa simplesmente que há uma transferência de momento, visto que o momento linear total do universo permaneceria o mesmo. Assim sendo, a verdadeira medida de uma força seria a variação deste momento linear que ela produz num dado intervalo de tempo. A seu turno, Leibniz atacou, impiedosamente, este ponto de vista, pois para ele, a verdadeira medida de uma força seria a energia cinética, a *vis viva*. D'Alembert pôs fim a esta querela do seguinte modo: o efeito cumulativo da força de Newton, F, pode ser medido por seu efeito integrado no tempo, $\int_{t_0}^{t_n} \vec{F}dt$, produzindo a variação de mv; ou por seu efeito integrado no espaço, $\int_{x_0}^{x_n} \vec{F}.\vec{dx}$, produzindo a variação da energia cinética. Ambas as visões são úteis e colocam as físicas de Descartes, Leibniz e Newton em conjunto, sob a luz do cálculo infinitesimal leibniziano. Assim, se as físicas de Leibniz e Newton fossem realmente opostas, visceralmente rivais, conforme a narração factual da história da física, como D'Alembert teria conseguido tais resultados? *Grosso modo*, a *vis viva* ou energia cinética de Leibniz pode ser deduzida da força de Newton e vice-versa, pois elas teriam muito em comum. Daí surge a idéia de haver entre os filósofos uma divergência metodológica e não ontológica: a perspectiva leibniziana daria origem a mecânica analítica alguns séculos depois.

Neste espírito, o filósofo Serres em seu livro *Le système de Leibniz et sés modeles mathèmatiques*, mostra-se um grande defensor da existência de semelhanças entre Leibniz e Newton no âmbito da física. Entre estas semelhanças ele destaca a "Lei da Gravitação Universal", baseada no inverso do quadrado da distância, $\frac{1}{d^2}$. Todavia, conforme assinalei anteriormente, classifico especialmente a dinâmica planetária que envolve a "Lei da Gravitação Universal" de Newton e as forças de "ação a distância" como uma das questões físicas irremediavelmente inconciliáveis entre Leibniz e Newton, pelas razões que balizarei a seguir. No livro *Le système de Leibniz et sés modeles mathèmatiques*, Serres argumenta:

> (2) *Tentamen de motuum coelestium causis* (1689), DUTENS, III, 213 sqq., p.214 (lei) (I). Observemos a passagem em que a lei da circulação harmônica enunciada por Leibniz foi escrita: $v = \frac{K}{d}$ [onde] d era a distância ao centro. Por derivação, obtemos:
> $g = \frac{K'}{d^2}$ ou $mg = \frac{mK'}{d^2}$ que é a lei de Newton. (SERRES, 2001, p.353)

A citação acima revela interessantes aspectos das físicas leibniziana e newtoniana e, estes aspectos foram igualmente observados por Serres. Em primeiro lugar, é mister definir com clareza o que Leibniz entendia por "circulação harmônica". Nas palavras do próprio Leibniz:

> Eu chamo a circulação de harmônica, se as velocidades de circulação, de qualquer corpo, são inversamente proporcionais às distâncias ao do centro de circulação; ou (o mesmo que) a proporção de diminuição das velocidades de circulação em torno do centro é idêntica àquela em que

> crescem as distâncias ao centro; ou brevemente, isto significa que se as distâncias crescem em progressão aritmética as velocidades decrescem em progressão harmônica. [...]. Se o móvel estiver em uma circulação harmônica (qualquer que seja o movimento paracêntrico), as áreas geradas pelos raios a partir do centro de circulação ao móvel são proporcionais ao tempo. (GM VI, p.167).

Nesta citação, entendo que o filósofo, de fato, não só aceitava, mas também pretendia defender as três leis de Kepler. Todavia, observo que no que se refere particularmente a "1ª Lei de Kepler", ele a aplicava somente a órbitas próximas a órbita circular e não especificamente a órbita elíptica, devido ao uso particular do termo "paracêntrico". Não obstante, no "Tentamen de motuum coelestium causis", Leibniz considera as órbitas elípticas sem mencionar explicitamente a "1ª Lei de Kepler". Avalio que Leibniz entendia que a diferença entre a área percorrida por um corpo se movendo em uma órbita elíptica e a área do mesmo corpo se movendo em uma órbita circular era irrisória. No entanto, o que mais estimulava Leibniz a manter esta linha de raciocínio era que não precisava recorrer a soluções "misteriosas e obscuras", como as de Newton para explicar o movimento planetário. Este, sem dúvida, era o ponto central do discurso leibniziano sobre o movimento planetário.

Alcançada a importância da "circulação harmônica" para Leibniz e, seguindo as próprias regras de operação do cálculo infinitesimal postuladas pelo filósofo, conjecturo:

1. Se Serres derivasse v em relação a d, então: $\frac{dv}{dd} = -\frac{K'}{d^2}$; embora o segundo membro desta equação represente a força gravitacional, o 1º membro não corresponde a ma. Multiplicando pela massa m, obtem-se $m\frac{dv}{dd} = -\frac{K'}{d^2}$ que não é a "2ª Lei de Newton", pois o 1º membro não é a massa m multiplicada pela aceleração g (peso) como em $F = mg$.

2. Se Serres derivasse v em relação a t, então: $\frac{dv}{dt} = -\frac{K'}{d^2}\frac{dd}{dt}$; multiplicando pela massa m, obtem-se $m\frac{dv}{dt} = -\frac{K'}{d^2}\frac{dd}{dt}$ que não é a "2ª Lei de Newton", pois o segundo membro não é a força gravitacional.

Além disso, as derivações feitas acima, mesmo que conduzissem a resultados semelhantes aos de Newton, não poderiam estar de acordo com a mecânica newtoniana, pois, por exemplo, em uma órbita circular na qual a velocidade v é constante, visto que seu caráter vetorial não é levado em conta, obtém-se $\frac{dv}{dt} = 0$ e a força teria de ser nula em contradição com a "Lei da Gravitação Universal". Logo, ambas as opções não justificam a conclusão de Serres.

Ainda no texto "Tentamen de motuum coelestium causis" (GM VI, p.149-150), Leibniz já utilizava a "circulação harmônica", $v \alpha \frac{K}{R}$, para explicar a 2ª e a 3ª regras de Kepler, visto que a 1ª regra cujo enunciado é "As órbitas dos planetas são elípticas com o sol em um dos focos" (NUSSENZVEIG, 2008, p.194) parece não ser especialmente relevante para a dinâmica leibniziana:

2ª regra: A área varrida pelo planeta é proporcional ao respectivo intervalo de tempo gasto do deslocamento: $\Delta A \ \alpha \ \Delta T$;

3ª regra: $T^2 \alpha \ R^3$. (NUSSENZVEIG, 2008, p.194-195)

Em carta a Huygens, "Beilage", de 4/14 set. 1694 (GM VI, p.187), Leibniz rejeita a concepção de peso (mg), como atração a distância de um corpo por outro, proposta por Newton. De fato, Leibniz propõe uma defesa incondicional das leis keplerianas. Primeiramente, sobre a "2ª Lei de Kepler":

1. A "circulação harmônica" explica por que os planetas e satélites, como Leibniz supunha, giram no mesmo sentido;
2. O modelo newtoniano não dá uma explicação para este fenômeno.

Assim sendo, a "circulação harmônica" defendida por Leibniz conduz a resultados que divergem nitadamente da mecânica newtoniana. Em primeiro lugar o fato de a velocidade ser proporcional ao inverso do quadrado da distância difere do resultado obtido pela mecânica newtoniana na qual a velocidade é proporcional ao inverso da raiz quadrada da distância, em segundo lugar o fato dos planetas girarem no mesmo sentido não ser uma exigência da teoria newtoniana é uma vantagem, visto que, essa teoria pode explicar o movimento dos cometas que orbitam fora do plano dos planetas.

Sobre a "3ª Lei de Kepler":

- $F \alpha \; Kv^2$, ou seja: a força é proporcional ao quadrado da velocidade;
- O peso não é mg, ou seja, não há atração de um corpo por outro conforme Newton afirmou;
- O peso é o resultado da força centrífuga de Huygens ("turbilhão");
- O planeta é empurrado para fora da órbita pelo "turbilhão", mas, devido ao "arraste" criado pelo éter, ele consegue se manter na órbita;
- O fluxo da força absoluta, ou, o fluxo de mv^2 é constante através das órbitas ou "circunferências concêntricas" (GM VI, p.191), e, portanto:

$$v^2 2\pi\, R = K \text{ ou; } v^2 \alpha \, \frac{K}{2\pi\, R} \text{ ou; } \left(\frac{2\pi\, R}{T}\right)^2 = \frac{K}{2\pi\, R} \text{ ou; } \frac{R^2}{T^2} \alpha \, \frac{1}{R} \text{ ou; } T^2 \alpha \; R^3 .$$

Novamente, a concepção cosmológica de Leibniz não era compatível com a de Newton, nem em termos físicos, nem em termos matemáticos, nem em termos metafísicos[2]. Concluindo, breve e sistemática, de acordo com o pensamento de Leibniz:

2 Contudo, pode-se na tentativa de encontrar alguma semelhança entre Newton e Leibniz no perímetro da dinâmica celeste, argumentar que devido à "circulação harmônica" ser dedutível de um campo central $\left(F\right)$ o momento angular é conservado. Como a constância do momento angular é equivalente à "Lei das Áreas" (2ª regra de Kleper), isso implica em afirmar que a "circulação harmônica" é compatível com a "Lei das Áreas". Matematicamente: $l = R \, x \, p$, onde R é o vetor que liga o centro de força até o corpo e p é o momento linear, mv. Derivando, obtemos $\frac{dl}{dt} = \vec{R} \, x \, \vec{F}$; porém, em um campo central, o vetor R é sempre paralelo à força e, portanto, o produto vetorial $R \, x \, F$ é nulo. Se R é constante, isto é, se o corpo se move em uma órbita circular como previa Leibniz, obtém-se

Tudo que envolvesse a força poderia e deveria ser explicado em termos de $F \alpha\ Kv^2$;

No cálculo infinitesimal, uma "coisa" se deriva ou se integra em relação à outra "coisa";

Não há força de "ação à distância", ou seja, não existe a atração a distância de um corpo por outro porque se trata de um conceito obscuro, inexplicável pela filosofia mecanicista;

Finalmente, friso que a concepção de Leibniz introduz dificuldades para uma visão universal dos fenômenos celestes e dos fenômenos terrestres. De fato um corpo caindo a partir do repouso de uma dada altura deveria se mover ao longo de uma vertical. Entretanto, a velocidade do turbilhão aumenta à medida que a altura diminui o que causaria uma velocidade na direção do turbilhão, fazendo com que o corpo se desviasse de sua trajetória vertical.

Referências Bibliográficas:

LEIBNIZ, G. W. "Tentamen de motuum coelestium causis". In: GERHARDT, C. I. (GM) (org.) *G.W. Leibniz Die Mathematische Schriften*. Hildesheim: Georg Olms Verlag, 1971, p.144-187.

______"Beilage". In: GERHARDT, C. I. (GM) (org.) *G.W. Leibniz Die Mathematische Schriften*. Hildesheim: Georg Olms Verlag, 1971, p.187-193.

NEWTON, I. *The Principia* (Mathematical Principles of Natural Philosophy). Los Angeles: University of California Press, 1999.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica* – 1 Mecânica. 4a. Edição revista. São Paulo: Blucher, 2008.

SERRES, M. *Le système de Leibniz et ses modèles mathématiques*. Paris: Presses Universitaires de France, 2001.

$l = mrv$ ou $v = \frac{l}{mr}$ (NUSSENZVEIG, 2008, p.231-233) que é a própria "circulação harmônica".

Mesmo sendo num sentido "fraco", visto que a argumentação é um tanto genérica, poder-se-ia dizer que há um ponto de contato entre as dinâmicas celestes de Leibniz e Newton.