

“INÉRCIA CIRCULAR” COMO FALÁCIA EXISTENCIAL

Julio Vasconcelos¹

RESUMO: Segundo alguns estudiosos das obras de Galileo Galilei (1564-1642), encontram-se nestas algumas pioneiras conceituações do que virá a ser a conhecida lei de inércia, formulada por Descartes e Newton em sua completude. Porém, para estes estudiosos, a inércia galileana é diferente da lei cartésio-newtoniana, na medida em que Galileo possui, segundo eles, um princípio de “inércia circular”, i.e., um entendimento de que somente os movimentos circulares poderiam se conservar na ausência de resistências. A finalidade do presente artigo é argumentar que estes estudiosos cometem, em suas análises das palavras de Galileo, o que se pode entender como uma variação da chamada falácia existencial, extraindo indevidamente de pronunciamentos sobre o mundo real um princípio que trata de um movimento de efetivação impossível, o movimento inercial. Outro objetivo que aqui se busca é o de apresentar ao leitor duas conceituações de Galileo envolvendo conservação de movimentos retilíneos, o que se pretende que constitua falsificações inequívocas da interpretação da “inércia circular”.

PALAVRAS-CHAVE: Galileu; *Dialogo*; *Discorsi*; Inércia; Inércia Circular.

ABSTRACT: According to some scholars, Galileo Galilei (1564-

1642) is certainly a pioneer concerning inertia but it is not possible to find in his works the complete formulation of the principle stated by Descartes and Newton. Instead of the Cartesian-Newtonian rectilinear inertia, Galileo would have, according to those scholars, a principle of “circular inertia”, i.e., a conception of circular motions as the only ones which could be imagined to be preserved in the absence of impediments. The main aim of this paper is to show that those scholars commit, inside their analyses, a variation of the so-called existential fallacy, unduly extracting from propositions about the real world a principle that says about the impossible inertial motion. Another purpose of the paper is to present to the reader two examples of Galileo’s reasoning involving conservation of rectilinear motions, in order to provide two unequivocal falsifications of the “circular inertia” interpretation.

KEYWORDS: Galileo; *Discorsi*; *Dialogo*; Inertia; Circular Inertia.

A INÉRCIA DE DESCARTES E NEWTON

Considera-se que a primeira enunciação completa do princípio de inércia foi feita por René Descartes, em seus *Principia Philosophiae*, publicados em 1644. Na verdade, Descartes ali apresenta uma formulação em duas “leis da natureza”:

“A primeira lei da natureza: que qualquer coisa persiste no estado em que está, enquanto que nada a muda...

Assim nós vemos todos os dias que quando alguma parte dessa matéria é quadrada,...ela permanece sempre quadrada, se nada exterior chegue e lhe mude a figura; e que se ela está em repouso,...ela não começa a se mover por si mesma. Mas uma vez ela tenha começado a se mover, nós não teremos razão nenhuma para pensar que ela deva cessar de se mover com a mesma força...enquanto ela não encontre nada que retarde ou pare seu movimento...”²

“A segunda lei da natureza: que todo corpo que se move tende a continuar seu movimento em linha reta...Esta regra, como a precedente, depende do fato de que Deus é imutável e que ele conserva o movimento na matéria por uma operação muito simples; pois ele não o conserva como ele poderia ser algum tempo antes, mas como ele é precisamente no mesmo instante em que o conserva. E se bem que seja verdade que o movimento não se faz em um instante, não menos evidente é que todo corpo que se move...está determinado a se mover...seguindo uma linha reta, & não seguindo uma circular...”³

Comentadores como Stillman Drake acreditam que a denominação “princípio ou lei de inércia” somente deve ser atribuída a conceituações equivalentes ao conjunto das duas leis de Descartes ou à primeira lei da dinâmica de Newton — que

leremos a seguir — reservando a expressão “lei de conservação de movimento” para conceituações, como as de Galileu, nas quais o caráter retilíneo do movimento inercial não é declarado.⁴

Mas o mais importante, seja em Galileu, Descartes ou Newton, é a ideia de que os movimentos tendem a permanecer ocorrendo. É isso que explode as bases da física aristotélica e estabelece um dos principais pilares do pensamento moderno, ao decretar que o movimento deve deixar de ser encarado como um processo e deve ser visto como um estado, tal como o repouso.

Passemos, agora, à realização newtoniana. Como é amplamente reconhecido, a lei da inércia tem como texto exemplar o primeiro dos “axiomas, ou leis do movimento” que se encontram na obra prima de Sir Isaac Newton, os *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis* de 1687, axioma segundo o qual:

“Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme numa linha reta, a menos que seja compelido a mudar aquele estado por forças impressas sobre ele.”⁵

Imediatamente após essa enunciação, Newton aduz os seguintes comentários (os destaques são nossos):

“Projéteis continuam em seus movimentos, enquanto não sejam retardados pela resistência do ar, ou impelidos para baixo pela força da gravidade. Um pião (?), cujas partes por sua coesão são continuamente desviadas dos movimentos retilíneos, não cessa sua **rotação**, senão quando é retardado pelo ar. Os grandes corpos dos planetas e cometas, encontrando pouca resistência nos espaços mais livre, preservam seus **movimentos progressivos e circulares** por um tempo muito maior.”⁶

A INÉRCIA: “O REAL A PARTIR DO IMPOSSÍVEL”

Note-se que nos comentários de Newton não há exemplo de preservação efetiva do movimento retilíneo, não há descrição de nenhum efetivo movimento retilíneo e uniforme (MRU), embora no “axioma” só haja lugar para o “movimento uniforme numa linha reta”!

A razão para isso é simples: pode-se dizer que Newton não encontrou na natureza nenhum MRU, porque estes não existem no Universo! Isso porque é praticamente impossível que piões ou os projéteis “não sejam retardados pela resistência do ar” e porque os corpos terrestres – e também os celestes – percorrem trajetórias sempre moldadas pela gravidade – que é universal, ensinou-nos Newton, e acelera sempre os objetos (aceleração no sentido amplo de mudança do vetor velocidade, em intensidade e/ou direção; por isso uma pedra cai em linha reta mas acelerada e um planeta tem trajetória curvilínea).

Assim, não existe MRU na Terra ou nos céus! É por essa razão que Alexandre Koyré diz que a inércia é “uma explicação do que é a partir do que *não é*... explicação do real a partir do impossível”. Vejamos uma citação mais ampla deste precioso ensinamento de Koyré:

“Contrariamente ao que se costuma afirmar, a lei da inércia não tem sua origem na experiência do senso comum, e não é nem uma generalização desta experiência nem tampouco sua idealização. O que se encontra na experiência é o movimento circular ou, de forma mais geral, o movimento curvilíneo. Nunca presenciamos o movimento retilíneo, a não ser excepcionalmente no caso da queda, que precisamente não é um caso de movimento inercial. E, não obstante, o movimento que a física clássica se esforçará

para explicar será o primeiro - o curvilíneo - a partir do segundo. Curioso andamento do pensamento: não se trata de explicar o dado fenomênico mediante a suposição de uma realidade subjacente (como faz a astronomia, que explica os fenômenos, quer dizer, os movimentos aparentes, por meio de uma combinação de movimentos reais) nem tampouco de analisar o dado em seus elementos simples para em seguida reconstruí-lo (método resolutivo-compositivo, ao qual - sem razão, a nosso ver - alguns reduzem a novidade do método galileano); trata-se, propriamente falando, de explicar o que *é* a partir do que *não é*, do que não é nunca. E inclusive do que não pode nunca ser....Explicação do real a partir do impossível...”⁷

A FALÁCIA EXISTENCIAL

Irving Copi, em seu Introdução à Lógica, nos diz coisa equivalente ao que Koyré acabou de nos dizer:

“A Primeira Lei do Movimento, de Newton, afirma que qualquer corpo não submetido à ação de forças exteriores conserva seu estado de repouso ou de movimento uniforme numa linha reta. Entretanto, nenhum físico quereria pressupor que existam, realmente, quaisquer corpos não submetidos à ação de forças externas”⁸

Copi está, com essas considerações sobre a inércia, explicando a seu leitor que, a partir do trabalho do lógico inglês George Boole (1815-1864), entende-se que as proposições categóricas universais, da forma “Todo S é P” ou da forma “Nenhum S é P”, não têm “conteúdo existencial”, isto é, não garantem que a classe S e a classe P não sejam vazias. E complementa:

“Se não for explicitamente afirmado que uma classe tem membros é um erro supor que tenha. Qualquer raciocínio que gire em torno desse erro estará cometendo a Falácia da Pressuposição Existencial, ou, mais sucintamente, a Falácia Existencial”⁹

A lei da inércia pode ser re-escrita na forma de uma proposição “Todo S é P”. Vejamos:

“Todo corpo livre da ação de forças é corpo em repouso ou em MRU”

Assim, esse enunciado não afirma explicitamente que haja elementos na classe S, a classe dos corpos livres da ação de forças, e nem na classe P, a classe dos corpos em repouso ou em MRU.

Pode parecer estranho questionar a existência de corpos em repouso, mas quando se lembra que nossa Terra tem rotação e translação, a estranheza desaparece. Pois a mais aparentemente imóvel das pedras de uma pedreira deve ser vista como um corpo solidário com a Terra inquieta e, portanto, também dotada de rotação e translação.

Agora, imagine-se um estudioso (fictício, claro) que tenha acesso somente àqueles comentários de Newton e não ao enunciado de sua primeira lei. Pode ele inferir a lei newtoniana de inércia (retilínea) a partir de comentários que só citam movimentos curvilíneos? É forçoso dizer que não.

Mas que dizer se este estudioso desprezasse o exemplo dos projéteis, se fixasse apenas no exemplo do “pião” com sua “rotação” e no exemplo “dos planetas e cometas [que] preservam seus movimentos progressivos e circulares” e propusesse que Newton tem um “princípio de inércia circular”, isto é, afirmasse que para Newton os movimentos circulares são os únicos que tendem a se conservar?

Este suposto analista estaria cometendo um erro que pode ser entendido como uma variação da falácia existencial. Como nos explicaram Koyré e Copi, o que marca a lei de inércia é que ela é uma proposição universal sem conteúdo existencial e, no entanto, dá conta, por assim dizer, do comportamento efetivo das coisas do mundo real. Portanto, é um erro concluir que um cientista tem uma “inércia circular” porque fala dos movimentos circulares que crê efetivamente existir no mundo. Enfim, não se pode passar dos discursos de um pensador sobre o mundo para a lei ou conceito de inércia que este pensador possui.

Pois afirmo que os intérpretes da chamada “inércia circular” cometem este tipo de erro - só que modo não tão grosseiro, claro. Eles privilegiam pronunciamentos de Galileu sobre o mundo a respeito de movimentos circulares, fecham os olhos para as declarações galileanas de conservação de movimentos retilíneos e afirmam, como quem faz uma exegese legítima e não uma interpretação falaciosa, que Galileu tem um “princípio de inércia circular”, isto é, que Galileu, segundo eles, concebe que apenas o movimento circular pode ser imaginado se conservando, o retilíneo não.

Como o presente artigo não pode ter extensão para percorrer toda a argumentação dos defensores da interpretação da “inércia circular”, vamos escolher, para análise, apenas dois exemplos — mas notáveis e compartilhados por todos os defensores de tal interpretação — do erro que queremos denunciar. Estes exemplos estão em comentários de uma muito citada passagem do *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (*Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo*) de 1632, o libelo pró-copernicano que levou Galileu à prisão.

Antes de rever esta passagem, vale lembrar que no sistema astronômico que Galileu quer substituir — o de

Ptolomeu — os planetas movem-se em combinações de círculos em torno da Terra imóvel. No novo sistema de Copérnico, o Sol passa a ser centro, mas as combinações de círculos continuam a existir. Lembremo-nos que a primeira lei de Kepler ainda não está amplamente reconhecida em 1632 e Galileo e outros astrônomos copernicanos, então, explicavam as irregularidades planetárias de modo similar ao que empregavam os adeptos do sistema de Ptolomeu, ou seja, combinando seus movimentos circulares em torno do centro do sistema astronômico com outros movimentos circulares, tantos quantos fossem necessários para possibilitar um bom ajuste entre observação e teoria.¹⁰

Esses astrônomos pertencem à mais duradoura das tradições cosmológicas, a do assim chamado “axioma platônico”¹¹, que propunha que o movimento circular e uniforme é o movimento próprio às coisas do céu: dada a perfeição deste, é inconcebível que a ele se associem outras linhas geométricas que não as das figuras perfeitas, os círculos e esferas.

O *Dialogo* insere-se perfeitamente nesta tradição e a aprofunda: à Terra e às coisas terrestres também competem os “perfeitíssimos” movimentos circulares, Galileo o crê, como copernicano que é, e assim ele e os leitores do *Dialogo* podem ser ditos se moverem em círculos nos céus juntamente com todos os outros seres humanos, as aves, as torres e as pedras.

Encontra-se nas duas primeiras jornadas do *Dialogo* o grande esforço de Galileo para convencer o leitor dessa fundamental nova atribuição dos círculos. Este trabalho se inicia em etapa da primeira jornada em que, após concordar com Aristóteles que “o mundo seja um corpo dotado de todas as dimensões e, por isso mesmo, perfeitíssimo;” e “que como

tal é necessariamente muito ordenado, ou seja formado de partes dispostas entre si com máxima e perfeitíssima ordem”, Galileo afirma, pela boca de Salviati, o personagem do *Dialogo* que usa para veicular a maioria de suas conceituações:

“Salviati: Estabelecido, portanto, este princípio, pode-se imediatamente concluir que, se os corpos integrais do mundo devem ser por sua natureza móveis, é impossível que seus movimentos sejam retilíneos, ou diferentes dos circulares; e a razão é muito fácil e manifesta. Isto porque aquele que se move com movimento retilíneo, muda de lugar e, continuando seu movimento, se afasta sempre mais do ponto inicial de partida e de todos os outros lugares através dos quais vai sucessivamente passando; e se tal movimento pode-lhe servir naturalmente, logo desde o início ele não estava em seu lugar natural e, dessa forma, as partes do mundo não estavam dispostas em perfeita ordem; mas supusemos que aquelas estavam perfeitamente ordenadas; portanto, é impossível que como tal tenham por natureza a propriedade de mudar de lugar, e conseqüentemente de mover-se com movimento retilíneo. Além disso, sendo o movimento retilíneo por natureza infinito, porque é infinita e indeterminada a linha reta, é impossível que móvel algum tenha por natureza o princípio de mover-se através da linha reta, ou seja, para onde é impossível chegar, inexistindo um fim predeterminado.”¹²

Quando, no trecho acima, Galileo atribui o movimento circular como natural aos corpos integrais, isto é, aos astros que compõem o mundo, a Terra entre eles — como quer Galileo — a intenção é clara: se nossa casa for uma parte móvel do mundo, como pretende o novo sistema copernicano, o movimento básico que lhe pode ser atribuído sem que se destrua a “perfeita ordem” do mundo não é o retilíneo, é o movimento circular.

Ora, já é momento de perguntar: não vimos Newton, ao falar de exemplos do mundo real, dizer que os “planetas e cometas ... preservam seus movimentos progressivos e circulares...”? Ele e Galileo não falam visivelmente a mesma coisa do mundo como ele é? Por que seria legítimo inferir, apenas no caso de Galileo, que sua inércia é “circular”? É fato que Galileo fala mais do que Newton, compõe raciocínios; mas isso é porque o *Dialogo* é um livro de combate a favor da plausibilidade dos movimentos da Terra, o que os *Principia* de Newton certamente não precisam ser.

Notem que Galileo está falando dos corpos integrais do mundo — Jupiter, Vênus, Sol, Lua, estrelas e, claro, a Terra, pois é um copernicano quem fala — e afirmando que para estes é impossível o movimento retilíneo. Não é crível, com base nos comentários à sua segunda lei acima citados, que Isaac Newton discordasse disso. É fato que Newton não restringiria os movimentos astronômicos aos circulares porque, para além daqueles supracitados comentários, aceitava outras trajetórias nos céus, como as elipses que Kepler lhe ensinou haver no sistema solar.

Já Aristóteles assinaria integralmente esta declaração de Galileo, pois, como todos sabemos, o grande filósofo grego preconizava o movimento circular como o único adequado à incorruptibilidade das coisas etéreas.

É um aristotélico falando naquela citação ali em cima, então? Claro que não, já o dissemos, pois entre os corpos integrais móveis Galileo quer incluir, como copernicano que é, a Terra. O importante a notar aqui, além desse aspecto distintivo da fala de Galileo, é que ele está falando do mundo como este é realmente e nenhum leitor — como expliquei mais acima, auxiliado pelos ensinamentos que citei de Koyré e Copi — deveria se permitir inferir um movimento inercial de texto que fala somente de movimentos efetivos no Universo.

Usei acima a expressão ‘corpos parciais’ porque para Galileo a gravidade — ele, como muitos antes de Newton, usa amplamente esta palavra — não é uma força de atração de origem externa ao corpo, como será para Newton, mas uma tendência implícita do pequeno corpo — a pedra que cai, por exemplo — a se juntar ao seu todo, a Terra.

Insistamos: ao lerem as palavras acima, alguns analistas esquecem — ou não percebem — que Galileo fala do mundo como este é — ou como ele, Galileo, quer que seja — e decidem tirar dessas suas palavras a concepção galileana de inércia. Galileo está inserido no cenário de domínio de 2.000 anos do axioma platônico e tudo que ele quer é que a Terra, por assim dizer, se junte aos astros dos céus e, como estes, realize movimentos circulares em torno do Sol. Este é seu programa de combate, tornar plausível o movimento circular de translação — e também o de rotação, claro — da Terra.

É falacioso, repita-se, retirar da batalha supra-citada um princípio de inércia. É exatamente isso que faz Hall, que se permite uma incrível liberdade interpretativa a partir das palavras de Galileo.

“Aqui, bem no começo de Dialogo, se encontra a concepção de Galileo do movimento uniforme, inercial, num círculo. É uma falsa concepção, mas a única que lhe permite, naquele momento, encaixar tanto os movimentos terrestres como os celestes em um único quadro de ideias. Se seu conceito de inércia tivesse sido mais correto, ele teria que ter descoberto o sistema newtoniano inteiro — ou não feito nada.. A fim de fazer o sistema planetário girar inercialmente como uma roda de giro livre ele tinha que usar a inércia circular para se livrar dos preconceitos aristotélicos. Por uma vez, ao invés de se ter a cosmologia explicada em termos da mecânica, tem-se a cosmologia forçando seus requisitos sobre a mecânica. Mas — como

Galileo mostrou depois — ele não esqueceu a inércia circular quando ele desceu para a Terra, pois ele tomou o cuidado de assinalar que a diferença entre as linhas retas e os vastos arcos circulares era imperceptível.”¹³

A elegância da interpretação da “inércia circular” está, conforme se revela no texto de Hall, no fato de que se coaduna perfeitamente com o copernicanismo de Galileo e também porque fornece ao estudioso uma leitura unificada das soluções do florentino para os problemas relativos à conservação dos movimentos, sejam estes terrestres ou celestes.

Mas esse arranjo elegante é insustentável, como se evidenciará pela leitura atenta das palavras de Westfall, outro campeão da “inércia circular”:

“Galileo, que formulou os conceitos básicos da nova mecânica, ignorou os problemas a que a mecânica celestial de Kepler se dedicou e sustentou que os planetas se movem naturalmente em órbitas circulares. Galileo estava pensando em termos similares quando se defrontou com o problema do movimento sobre uma Terra que gira, e o conceito de inércia que ele formulou reflete os termos nos quais o problema se apresentava a ele. Como vimos acima, Salviati leva Simplicio a concordar que uma bola rolando sobre um plano horizontal não experimenta nenhuma causa seja de aceleração, seja de retardamento, e portanto continua para sempre. O que é um plano horizontal? É, claro, um plano que é ‘sempre igualmente distante do centro’. O movimento inercial era concebido como um movimento circular uniforme, o movimento natural de um corpo em seu lugar natural em um universo bem-ordenado.”¹⁴

É curioso ler a afirmação de que uma bola rolando num plano horizontal constitui um elemento significativo

de um universo bem-ordenado. Pois isso faz supor que durante uma prosaica descida de uma bola por um plano inclinado ou uma queda de uma pedra, estamos vivenciando perigosos momentos de desequilíbrio cósmico!

Ironias à parte, o texto acima revela quão perigoso pode ser o afã de querer juntar num único quadro de ideias momentos diferentes da argumentação do *Dialogo*, como o que fala do movimento próprio dos corpos integrais num mundo ordenado — trecho que se encontra na primeira jornada do *Dialogo* — e o do movimento de queda das pedras do alto de torres ou mastros — um dos temas da segunda jornada.

OUTRO EXEMPLO DE FALÁCIA EXISTENCIAL NA “INÉRCIA CIRCULAR”

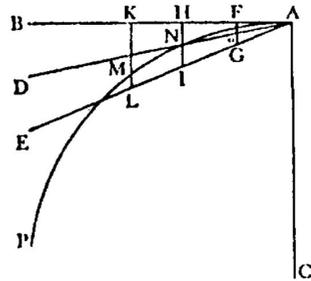
Mas voltemos ao tipo de erro que insistentemente denunciemos aqui, o de querer inferir um princípio de inércia a partir de pronunciamentos sobre o mundo. Esta variação da falácia existencial também ocorre em outra argumentação insistente dos defensores da “inércia circular”, que vimos em termos resumidos na citação acima: com base em longa reflexão que se encontra no *Dialogo* — cuja conclusão é a de que, enquanto as descidas são aceleradas e as subidas retardadas, o movimento horizontal tende a ser uniforme — os estudiosos que aqui combatemos inferem que Galileu possui uma “inércia circular”, na medida em que as linhas horizontais são, a rigor, arcos de circunferência.

Não bastassem os ensinamentos de Copi e Koyré para nos assegurarem o caráter também falacioso desta última inferência, ainda temos o próprio Galileu para oferecer a mais singela e a mais límpida das falsificações desta leitura da

“inércia circular”. Esta falsificação se encontra no próprio *Dialogo*, nas muitas linhas que Galileo emprega para recusar o argumento anti-copernicano da “extrusão”. Este argumento pretende demonstrar que a rotação da Terra é impossível, pois, se esta girasse em torno de si mesma, tudo o que está solto, não-presos sobre ela, seria lançado para fora devido a seu giro.

Não podemos aqui acompanhar as muitas considerações geométricas e físicas — algumas excessivamente engenhosas, admita-se — que Galileo faz para convencer seus leitores da impossibilidade que vê na extrusão.¹⁵ O que nos convém, já que nosso empreendimento é a recusa da interpretação da “inércia circular”, é trazer à baila um dos esquemas que Salviati emprega no debate sobre a extrusão (os negritos são nossos):

Salviati: — Tracemos...uma linha perpendicular para o centro, e seja esta AC, e formando ângulos retos com esta **horizontal AB**, sobre a qual se faria o movimento da projeção e pela qual continuaria o projétil **com um movimento uniforme (con movimento equabile)**, quando a gravidade não o inclinasse para baixo.¹⁶



Note-se que a “horizontal” AB aqui é uma linha reta que se afasta do centro da Terra, e não pode, de modo algum, ser entendida como uma linha circular como fazem os defensores da “inércia circular”. Mais: Salviati diz explicitamente que sobre esta linha essencialmente reta o movimento permaneceria uniforme, o que solapa o ponto de vista de que a “inércia circular” descreve perfeitamente as concepções galileanas de movimento inercial, que seria exclusivamente circular.

MAS NÃO PODE HAVER MOVIMENTO INERCIAL CIRCULAR!

É claro que as parcas linhas acima e a consideração de apenas alguns dos argumentos dos defensores da “inércia circular” não podem pretender constituir o desmonte total dessa interpretação. Mas, como já se anotou acima, a dimensão do presente trabalho proíbe qualquer aproximação deste ideal.

Alguns poucos golpes bem aplicados, porém, podem enfraquecer substancialmente, esperamos, a “inércia circular”. Vamos a mais um deles, que consiste em mostrar que a própria ideia de “inércia circular” é insustentável, o que se evidencia quando se considera o que é um movimento inercial, na física que se construiu sobre as leis de inércia de Descartes e Newton.

O movimento inercial é aquele que subjaz¹⁷ a todo movimento e que passa a ocorrer quando desaparecem as forças que provocam movimentos dele diferentes. Assim, Descartes e Newton explicaram que o movimento circular uniforme, por exemplo, só existe enquanto existe uma força — ou uma resultante de forças — centrípeta, isto é, que tem direção variável mas que sempre aponta para o centro da trajetória circular. Se desaparece essa força centrípeta o movimento instantaneamente deixa de ser circular e emerge, por assim dizer, o movimento retilíneo e uniforme que estava subjacente ao circular.

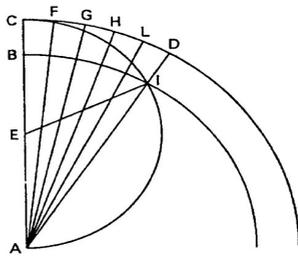
Numa inércia circular, o movimento inercial seria circular, claro. Ou seja, eliminadas as forças responsáveis por um certo movimento, por exemplo, um movimento retilíneo uniforme, o corpo passaria a realizar movimento circular uniforme. Podemos até imaginar que há quem consiga conceber um mundo regido por esta lei, mas este pensador teria que responder a pelo menos uma questão: qual seria o raio e qual seria o centro deste movimento circular inercial?! Sempre os associados ao globo terrestre? Que “inércia” é esta, súdita submissa de um corpo apenas do Universo?

Os defensores da “inércia circular” se apropriam incorretamente, assim, de um termo da chamada física clássica. Podemos perdoá-los porque com isso, pelo menos, preservam o papel pioneiro de Galileu no estabelecimento da lei da inércia. Devemos, então, entender o que conceituam para o papel deste suposto movimento privilegiado, o circular.

Os adeptos da “inércia circular” parecem entender que o movimento inercial é o único que pode se conservar e que se compõe com um segundo movimento para resultar num terceiro. Isso é estranho, insista-se, à análise que os físicos da Modernidade fazem, seguindo Descartes e Newton, pois para estes o movimento inercial — retilíneo — é aquele que é violentado e deformado a todo instante, como já se explicou, não por um outro movimento, mas por uma força — ou resultante de forças — que é não-nula. É o que faz, por exemplo, a força centrípeta: ela deforma e violenta a todo instante o movimento retilíneo, fazendo surgir desta violência constante o movimento circular. E força não é um movimento, ressalte-se isso também; por isso, no exemplo que estamos privilegiando, o dos movimentos circulares, as análises cartesianas e newtonianas não são composições de movimentos!

MAIS UMA FALSIFICAÇÃO DA “INÉRCIA CIRCULAR”

Só isso já bastaria para recusar que Galileu ou qualquer outro tivesse uma inércia circular *stricto sensu*. Mas poder-se-ia rebater: tudo bem, o uso da palavra “inércia” é problemático — ele seria usado para Galileu, como já se supôs, a fim de honrar seu inequívoco pioneirismo — mas não é o caso de que, efetivamente, o único movimento que o florentino concebe poder se conservar é o circular?



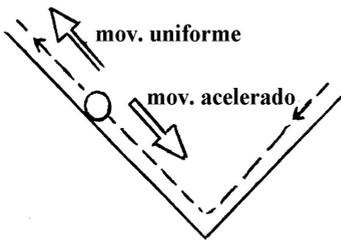
De fato, há passagens do *Dialogo* em que Galileo explicitamente afirma a conservação do movimento circular ao redor da Terra, como a famosa passagem conhecida como *bizzarría*, onde a queda de uma pedra do alto de uma torre CB (vide figura ao lado, do próprio *Dialogo*) é concebida como a composição do movimento circular de rotação CD em torno do centro A da Terra, que a pedra já possuía antes de ser abandonada, com o movimento vertical de queda em direção ao centro de nosso planeta, resultando num movimento circular uniforme por um arco CI.¹⁸

Mas há instâncias em que Galileo também explicitamente, pressupõe a conservação de movimento retilíneo, em passagens que os defensores da “inércia circular” pautam-se por desconsiderar em suas argumentações. Uma delas já foi apresentada acima, no bojo da análise galileana do argumento da extrusão. A mais decisiva delas, porém, está nos *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (*Argumentos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências*) de 1638, o livro que Galileo escreveu na prisão domiciliar, reorganizando e sistematizando seus estudos de mecânica do chamado período paduano de sua vida (1592-1609), anterior ao dramático período polêmico (1609-1633), que terminou com sua condenação pela Sagrada Inquisição. Esta é a obra-prima propriamente científica de Galileo, com dezenas de demonstrações matemáticas compondo os dois sistemas axiomáticos que constituem as suas ‘duas novas ciências’.

Estas proposições — onde se revela verdadeiramente a física de um genial inovador arquimediano — são amplamente desprezadas pelos defensores da inércia circular. É o caso da proposição XXIII da teoria dos movimentos “naturalmente acelerados”, parte da segunda “nova ciência” — a do movimento — teoria que se encontra na terceira jornada dos *Discorsi*. Compreende-se que a proposição não seja tratada por aqueles

intérpretes, pois isso exigiria conhecer bem o ferramental euclidiano que Galileo usa, entre outras dificuldades. Mas também é compreensível que sejam desatentos para com o “escólio” da proposição, pois nele há uma análise que, embora seja menos formalizada, inequivocamente falsifica a tese que defendem, a de que Galileo só concebe a conservação de movimentos circulares.

Vejamus esse decisivo pronunciamento de Galileo, que discorre sobre o movimento ascendente num plano inclinado, encarando-o como composto de dois movimentos retilíneos, um uniforme plano acima e um retardado plano abaixo (os negritos e a figura são nossos):



“...se um móvel adquire por um movimento natural de descida um certo grau de velocidade, que é por natureza indelével e eterno, devemos considerar que se, após a descida por um plano inclinado descendente, o movimento se desvia por outro plano inclinado ascendente, então acontece neste plano uma causa de retardamento, visto que sobre tal plano o mesmo móvel desce naturalmente; razão pela qual resulta uma mistura de propriedades opostas, ou seja, de um lado, **o grau de velocidade adquirido durante a descida precedente, que por si mesma faria com que o móvel se movesse infinitamente com velocidade uniforme** e, de outro lado, a tendência natural do movimento para baixo com sua proporção constante de aceleração. Se investigamos, portanto, o que acontece quando um móvel, após ter descido por um plano

inclinado qualquer, passa a subir por outro plano, parece razoável admitir que **o grau máximo de velocidade adquirido durante a descida se conserva perpetuamente idêntico no plano ascendente**; contudo, na subida lhe sobrevém uma inclinação natural para baixo, ou seja, um movimento acelerado que, partindo do repouso, segue na proporção habitual...¹⁹

Ressalte-se imediatamente: “grau de velocidade perpetuamente idêntico no plano ascendente”! Ora, isso é uma consideração, pode-se dizer, de caráter inercial. E, na medida em que postula a conservação de um movimento retilíneo que se afasta do centro da Terra, não tem nada a ver com “inércia circular” ou mesmo “inércia horizontal”, que aqueles intérpretes entendem — já que o plano horizontal é, a rigor, uma superfície circular — ser uma aproximação da “inércia circular”.

Mas, com calma, repassemos: Galileo concebe um movimento ascendente por um plano inclinado ocorrendo depois da descida do móvel por um outro plano inclinado, conforme ilustra a figura acima. Depois de descer pelo primeiro plano inclinado, o móvel é desviado para outro plano inclinado, este ascendente, iniciando sua subida com o “grau de velocidade” obtido no final da descida. O movimento ascendente retilíneo que se segue é então considerado como sendo o resultado de uma composição de dois movimentos, conforme ilustra a figura: a) um uniforme plano acima, que tende a persistir eternamente no corpo; b) outro acelerado plano abaixo, causado pela gravidade.

É irresistível comparar essa conceituação de Galileo com nosso habitual $v = v_0 - a.t$, onde o “ v_0 ” simboliza o “grau de velocidade” que se mantém “perpetuamente” e o “a.t” dá conta

do “movimento acelerado que, partindo do repouso, segue na proporção habitual”, o sinal negativo ilustrando o fato de seu sentido ser para baixo, enquanto o de “ v_0 ” é para cima.

E é preciso destacar que, tal como na *bizzarría*, há nesta suposição de conservação do movimento retilíneo ascendente uma explicação do real pelo impossível. Nos dois casos é a gravidade que torna impossível o movimento que Galileo imagina poder se conservar: na *bizzarría* o circular em torno da Terra, no plano inclinado ascendente o movimento retilíneo para cima.

Eis mais uma razão para continuar se usando a palavra “inércia” para nomear o pensamento pioneiro de Galileo sobre a conservação de movimento. Ele também explica o possível pelo impossível. Mas a consideração conjunta dos dois exemplos, a *bizzarría* e o plano inclinado ascendente – proíbe que se possa dizer que a ‘inércia’ galileana é circular ou retilínea.

A LEI GALILEANA DE CONSERVAÇÃO DO MOVIMENTO

O que se pode concluir, neste momento do presente trabalho, é que não há um movimento inercial — seja circular, seja retilíneo — na ‘inércia’ de Galileo. Isso vai ter que esperar Descartes e Newton. O que se pode chamar de a “inércia galileana” está enunciada pelas próprias palavras de Galileo, no mesmo escólio da proposição XXIII, que os proponentes da “inércia circular” não se preocupam em citar:

<p>“...deve-se observar que um grau de velocidade qualquer, uma vez comunicado a um móvel, imprime-se nele de forma indelével por sua própria natureza, desde que não intervenham causas externas de aceleração ou retardamento;...”</p>
--

É preciso atentar para a expressão “grau de velocidade” no trecho acima. Uma cuidadosa inspeção dos Discorsi²¹ mostra que ela denota um conceito que pode ser assimilado ao conceito hodierno do módulo da velocidade escalar instantânea de um corpo móvel, isto é, a velocidade de um móvel, tomada como uma magnitude, positiva ou nula, sem considerações de direção ou de sentido.

Posto isso, pode-se avaliar com justeza o pioneirismo de Galileo no tocante à inércia. Em primeiro lugar, este se revela inquestionável, pois o enunciado acima mostra a superação das concepções aristotélicas do movimento como processo, ao preconizar a permanência indelével do “grau de velocidade”. Como já dissemos, o aspecto mais fundamental da lei de inércia é este que surge inequívoco no enunciado de Galileo, a tendência de conservação do movimento.

O outro aspecto digno de nota no enunciado é a ausência de qualquer referência à geometria dos movimentos: não há limitação de trajetória, não há movimento privilegiado, seja retilíneo, circular ou qualquer outro, enfim, nenhuma sombra de movimento inercial. De maneira que é tão errado falar de “inércia circular” em Galileo como lhe atribuir a primeira formulação da inércia retilínea que caracterizará a física clássica.

Como vimos, se em Galileo ainda não há a noção completa de movimento inercial, em suas conceituações, por outro lado, já se vê a característica que fascina Koyré no princípio de inércia, a explicação do que é pelo que não é. Como já anotado linhas acima, tanto no plano inclinado ascendente como na *bizzarría* se lê uma explicação do real pelo impossível. Nos dois casos é a ubíqua e poderosa gravidade que torna impossível o movimento que Galileo imagina poder se conservar: o circular em torno da Terra na *bizzarría*, o retilíneo para cima no plano inclinado ascendente.

Repita-se: eis outra razão para se usar a palavra “inércia” para se referir ao pensamento pioneiro de Galileu sobre a conservação de movimento. O pisano também explica o possível pelo impossível. Mas sua “inércia”, com ficou patente, não pode ser dita nem circular nem retilínea, porque os dois exemplos, a *bizzarría* e o plano inclinado ascendente, tratam de movimentos que se conservam que são diferentes.

Mas para ambos vale o ideal de conservação do “grau de velocidade”!²² Esta é a única maneira de se unificar os pronunciamentos de Galileu sobre a conservação de movimento, o olhar a suas argumentações com o instrumental conceitual acima citado, o princípio de permanência do grau de velocidade que ele nos provém com suas próprias palavras, o único que pode legitimamente ser alçado ao status de “princípio de inércia” de Galileu.²³

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim do presente trabalho, fica a forte sugestão de que é prudente tratar os tão enfáticos pronunciamentos de Galileu sobre o movimento circular que se podem ler no *Dialogo* de 1632 como raciocínios de interesses outros além dos puramente científicos, na medida em que esta obra é, como já se disse, uma grandiosa e complexa bateria de artilharia na guerra copernicana de Galileu.

Também se sugere dar mais atenção aos *Discorsi* de 1638, pois estes, embora de redação posterior à do *Dialogo*, tem conceituações que lhe são anteriores, na medida em que foram primeiro pensadas no período paduano, anterior ao polêmico, e apenas rearranjadas e sistematizadas na prisão domiciliar.

Na verdade, é mais do que atenção que os *Discorsi* merecem: eles devem ser, aqui se recomenda, guias de leitura do *Dialogo*, na medida em que é neles que se encontra a física de Galileu,

sistematizada e unificada. E era essa física que nosso pisano tinha em mente quando escrevia o *Dialogo*. Aliás, quem quer que já tenha lido esta extraordinária peça de polêmica sabe que nela, por várias vezes, os personagens anunciam o livro que está por vir, com o qual o “Acadêmico” (Galileo, claro) vai brindá-los com a completude de sua ciência do movimento.

Se nosso generoso leitor aceita implementar esta estratégia de associação de leitura das obras-primas de Galileo, diminuem os riscos, queremos crer, de se lhe imputar conceituações espúrias que nada acrescentam para a compreensão de seu pensamento e que diminuem a grandeza de sua contribuição fundadora da ciência moderna.

NOTAS

¹Professor titular do Departamento de Ciências Humanas e Filosofia (DCHF) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Endereço eletrônico: juliouefs@gmail.com.

²Descartes 1989 p. 84. O original em latim é: “Prima lex naturae: quod unaquoeque res, quantum in se est, semper in eodem statu perseveret; sicque quod semel movetur, semper moveri pergat” (Descartes 1982 p. 62)

³Descartes 1989 pp. 85-6. O enunciado em latim é: “Alterna lex natura: quòd omnis motus ex se ipso sit rectus; & ideò quoe circulariter moventur, tendere semper ut recedant à centro circuli quem describunt” (Descartes 1982 p. 63); este texto latino e o da nota anterior são citações dos títulos de cada artigo que se encontram nas laterais dos textos principais.

⁴Drake 1964 p. 603.

⁵Newton 1962 vol.I, p. 13.

⁶Newton 1962 vol.I, p. 13.

⁷Koyré 1988 p. 194.

⁸Copi 1978 p. 158.

⁹Copi 1978 p. 159.

¹⁰Sobre isto há um excelente resumo em Cohen 1967.

¹¹“axioma” para os astrónomos, que o enxergaram em Timeu 34b, onde Platão explica que o movimento circular é o adequado para a forma esférica do mundo, “aquele que é o mais apropriado para a mente e a inteligência”, e por isso Deus “fez o universo um círculo se movendo num círculo, um e solitário”.

¹²Galilei 1967, p. 19; Galilei 1933 vol VII p. 43.

¹³Hall 1963 p.50. Em respeito a este autor, é preciso que se diga que em seus dois textos posteriores a este listados na bibliografia deste trabalho, nunca a expressão “inércia circular” é lida, e nem a afirmação de que só o movimento circular pode se conservar. (Hall 1988B teve sua primeira edição em 1954 mas, logo no prefácio, lê-se “É agradável repensar e re-escrever um trabalho dos dias da juventude”...Este livro re-escrito tenta reflectir a crescente maturidade de estudos da ciência dos séculos dezasseis e dezassete...A profundidade documental e a riqueza técnica de publicações recentes não tem qualquer comparação com o que era normal antes de 1960...”.)

¹⁴Westfall 1989, pp. 18-9.

¹⁵Galilei 1967 p. 196; Galilei 1933 VII p. 222-3. Impossibilidade que, aliás, é falsa, como se evidenciará com a física de Newton, que calculará a velocidade de escape de um corpo submetido à gravidade de um astro que gira. Para uma análise detalhada dos raciocínios de Galilei e do erro subjacente a eles, veja-se MARTINS 1994.

¹⁶Galilei 1967, p. 199; Galilei 1933 VII p. 225.

¹⁷Uso esta palavra num sentido diferente do empregado por Koyré na citação mais acima.

¹⁸Para uma análise minuciosa desta famosa passagem e da inadequação de seu uso pela “inércia circular”, vale consultar meu artigo em *Ideação* 15 referenciado ao fim do presente artigo.

¹⁹Galilei 1988, p. 213-4; Galilei 1933 vol. VIII p. 243

²⁰Galilei 1988, p. 213-4; Galilei 1933 vol. VIII p. 243

²¹Inspeção como a que realizei em minha dissertação de mestrado “Uma Análise da Teoria dos Projéteis dos Discorsi de Galilei” (Vasconcelos 1992)

²²No caso da *bizzarria*, a conservação do “grau de velocidade” é levada tão ao extremo que o movimento circular resultante da queda da pedra é uniforme, uma das “maravilhas” da conceituação que Salviati apresenta aos outros personagens do *Dialogo* (para maiores esclarecimentos, veja-se meu artigo em *Ideação* 15)

²³Uso esta palavra, “princípio”, para honrar o pioneirismo de Galileo, embora em minha tese de doutoramento — bem como em minha fala no EuroSymposium Galileo 2001 — eu tenha defendido que, na medida em que Galileo não usa a conservação do “grau de velocidade” explicitamente em nenhuma demonstração de sua ciência de movimento, é melhor falar de um “conceito de inércia” de Galileo, ao invés de um “princípio de inércia”.

REFERÊNCIAS

BALIBAR, Françoise. *Einstein: Uma Leitura de Galileu e Newton (Espaço e Relatividade)*. Lisboa: Edições 70, 1988.

BARRA, Eduardo S. O. *Omnis Philosophiae Difficultas: O Conceito de Força na Filosofia Natural de Newton*. Tese apresentada junto a FFLCH-USP, 1994.

COHEN, Bernard. *O Nascimento de uma Nova Física*. São Paulo: Edart, 1967.

COHEN, Bernard. “Galileo, Newton, and the divine order of the solar system”. In: McMULLIN, Ernan. *Galileo, Man of Science*. Princeton: The Scholars Bookshelf, 1988.

COPERNICO, Nicolau. *As Revoluções dos Orbes Celestes*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984.

COPI, Irving. *Introdução à Lógica*. São Paulo: Mestre Jou, 1978.

DESCARTES, René. “Principia Philosophiae”. In: *Oeuvres de Descartes publiées par Charles Adam & Paul Tannery*, vol VIII-1. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 1982.

DESCARTES, René. “Principes”. In: *Oeuvres de Descartes publiées par Charles Adam & Paul Tannery*, vol IX-2. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 1989.

DIJKSTERHUIS, E. J. “The origins of Classical Mechanics; from Aristotle to Newton”. In: *Critical Problems in the History of Science*. The University of Wisconsin Press, 1959.

DIJKSTERHUIS, E. J. *The Mechanization of the World Picture*. Princeton University Press, 1986.

DRAKE, Stillman. “Galileo and the Law of Inertia”. In: *American Journal of Physics*, 1964, 32:601-608.

DRAKE, Stillman. “Galileo Gleanings XVI - Semicircular fall in the *Dialogue*”. In: *Physis 10*, 1968: 89-100.

DRAKE, Stillman. “The Memorable Error of Koyre”. Pre-print, 1988.

DRAKE, Stillman. *Galileo: Pioneer Scientist*. University of Toronto Press, 1990.

ÉVORA, Fatima. *A Revolução Copernicana-Galileana*. Campinas: CLE-UNICAMP, 1988.

FEYERABEND, Paul. *Contra o Método*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.

GALILEI, Galileo. *Opere*. Firenze: G. Barbera, 1933.

GALILEI, Galileo. *Discorsi - Ed. A cura de A. Carugo e L. Geymonat*. Torino: Paolo Boringhieri, 1958.

GALILEI, Galileo. *Dialogue Concerning the Two Chief Systems*. Berkeley: University of California Press, 1967

GALILEI, Galileo. *Discours e Démonstrations Mathématiques Concernant Deux Sciences Nouvelles*. Paris: Armand Colin, 1970.

GALILEI, Galileo. *Duas Novas Ciências*. São Paulo: Nova Stella, 1988.

GALILEI, Galileo. *Diálogo sobre os dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico e Copernicano*. São Paulo: Discurso, 2001.

GEYMONAT, Ludovico. *Galileo Galilei*. Barcelona: Peninsula, 1986.

GRILLI, M. “Galileo e il principio d’inerzia”. In: *Giornale di Fisica*, 22:215-232.

HALL, A. Rupert. *From Galileo to Newton*. New York: Dover, 1981.

HALL, A. Rupert. “The significance of Galileo’s Thought for the History of Science”. In: McMULLIN, Ernan (Ed.). *Galileo, Man of Science*. Princeton: The Scholars Bookshelf, 1988.

KOYRÉ, Alexandre. “A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton”. In: *Trans. Am. Phil. Soc.* 45 (1955).

KOYRÉ, Alexandre. *Études Galiléennes*. Paris: Hermann, 1966.

KOYRÉ, Alexandre. *Estudos de História do Pensamento Científico*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1982.

KOYRÉ, Alexandre. *Estudios Galileanos*. México: Siglo Veintiuno, 1988.

MARTINS, Roberto. “Galileo e o Princípio da Relatividade”. In: *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 1986, 9:69-86.

MARTINS, Roberto. “Galileo e a Rotação da Terra”. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.11, n.3. P.196-211, dez.1994.

NASCIMENTO, Carlos. *Para ler Galileo Galilei*. São Paulo: Nova Stella, 1990.

NEWTON, Isaac. *Principia*. University of California Press, 1962.

SHEA, William R. *La Revolución Intelectual de Galileo*. Barcelona: Ariel, 1983.

SHEA, William R. “The Galilean Geometrization of Motions: Some Historical Considerations”. In: SHEA, Willaim (Ed.) *Nature Mathematized*. Dordrech: D. Reidel, 1983.

STENGERS, Isabelle. *Quem tem medo da Ciência (Ciência e Poderes)*. São Paulo: Siciliano, 1989.

TANNERY, Paul. “Galileo and the principles of Dynamics”. In: McMULLIN, Ernan (Ed.). *Galileo, Man of Science*. Princeton: The Scholars Bookshelf, 1988.

VASCONCELOS, Júlio C. R. *Uma Análise da teoria dos projéteis dos Discorsi de Galileo*. Dissertação de mestrado apresentada à FFLCH-USP, 1992.

VASCONCELOS, Júlio C. R. *Inércia no Dialogo e no Discorsi de Galileo Galilei*. Tese de doutoramento defendida na FFLCH-USP, 1998.

VASCONCELOS, Júlio C. R. “*Inertia as a theorem in Galileo’s Discorsi*”. In: *Largo Campo di Filosofare: EuroSymposium Galileo*

2001. La Orotava: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2001.

VASCONCELOS, Júlio C. R. “‘Inércia Circular’ nos Discorsi de Galileo: interpretação ou erro de tradução?” In: *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, série 3, v.11, n.1, pp. 81-94, jan-jun. 2001, Campinas, CLE-UNICAMP.

VASCONCELOS, Júlio C. R. “Os manuscritos redescobertos em 1973 e o programa experimental de Galileo Galilei”. In: *III Encontro da Rede Paranaense de História e Filosofia da Ciência*. Curitiba: Anais do III Encontro da Rede Paranaense de História e Filosofia da Ciência, 2005.

VASCONCELOS, Júlio C. R. “Sobre a *bizzarria* do *Dialogo* de Galileo Galilei: uma crítica à interpretação da ‘inércia circular’”. In: *Ideação*, n. 15, pp. 207-230. Feira de Santana: UEFS, 2005.