

## Pequeno Histórico do Projeto Matemático

Pedro de M. Rios

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas,  
Rua Dr. Xavier Sigaud 150, Urca 22290-180 — Rio de Janeiro, RJ — Brazil

### Resumo

Uma análise histórica sucinta da ciência moderna é construída na visão Heideggeriana de que esta constitui-se, fundamentalmente, num projeto sobre a natureza: o Projeto Matemático. É advogado que suas origens confundem-se com as da própria filosofia ocidental, personificadas em Platão, sendo a astronomia alexandrina sua primeira completa realização. Então, a revolução científica da renascença é re-interpretada neste contexto.

### Prólogo

A Revolução Científica da Renascença é popularmente difundida como a vitória da razão sobre a superstição, do empírico sobre o especulativo, da matemática sobre a dogmática e diversas outras variações em torno do mesmo entendimento no qual a ciência pré-galileana é quase comparada a um arquivo de “simpatias caipiras” enquanto a nova ciência adquire o status de saber “absoluto e eterno”.

Se é verdade que a ciência medieval, sob a enorme influência da Doxa Católica, em muitos aspectos degenerou-se numa prática primitiva, em alguns outros estacionou em saberes bem sedimentados e até mesmo em alguns poucos, embora de forma arcaica, buscou conhecimentos que ainda hoje não foram melhor esclarecidos. Neste último campo, marcadamente a questão da relação corpo-alma, tão predominante naqueles tempos. Porém, é no campo dos saberes sedimentados que encontramos a antítese da análise histórica absurdamente simplista e tendenciosa, comumente descrita. Especificamente na ciência astronômica. Ora, uma ciência que sobrevive intacta por quatorze séculos não deve ser menosprezada. Contudo, mais importante e espantoso é a constatação de que os principais elementos da “nova ciência” já se encontram explicitamente colocados e enfatizados nesta mesma astronomia alexandrina, posteriormente tão descharacterizada e denegrada.

Como veremos a seguir, é na astronomia ptolomaica que encontramos a primogênese de uma nova forma de saber o mundo, sendo a física newtoniana sua descendente direta e legítima, o primeiro caso histórico de expansão das fronteiras do projeto matemático.

### Platão-Ptolomeu

A Astronomia do Mundo Antigo, cujo apogeu é o tratado de Claudius Ptolomaeus no século II DC, desenvolveu-se a partir da *concepção platônica do universo* onde pela primeira vez deu-se a *substituição de imagens míticas (metafóricas) por imagens geométricas (ma-*

*temáticas)* para a *concepção do cosmos*. Assim, o “Sintaxis Matemática”, ou “Al Magiste”, é a depuração e culminação das concepções geométricas propostas no “Timaeus” onde Platão, inspirado em Pitágoras, deu à Matemática (Geometria, para os gregos) um caráter essencialmente divino (análogo às formas puras) que permitiu esta nova concepção do cosmos, especificamente do Céu onde, desde tempos imemoriais, a humanidade projeta seus deuses.

No centro desta conjunção científico-religiosa estão as figuras do círculo e da esfera, como a *tradução geométrica da perfeição divina*. Combinado com a observação empírica da periodicidade dos movimentos celestes, chega-se então ao primeiro modelo empírico-matemático (e religioso) para o cosmos, em particular os movimentos dos astros celestes. Portanto, o *Axioma Primo* desta incipiente ciência astronômica é o *movimento circular uniforme*.

O importante a ressaltar aqui é o caráter fundamentalmente axiomático desta ciência pioneira. Inicialmente, fez-se a conjunção, em um conceito extremamente *simples* (e matemático) das principais considerações empíricas, metafísicas e religiosas a respeito dos fenômenos a serem estudados. A partir deste axioma primeiro, por definição dogmático, iria se *construir com método lógico* todo o saber astronômico do mundo antigo. Como todos sabemos, é impossível construir uma teoria matemática a partir de um único axioma. Portanto, as diversas teorias que surgem desde os discípulos de Platão até Ptolomeu, diferem na definição dos axiomas secundários e nas suas conseqüentes deduções lógicas.

Como resumo dos diversos sistemas que foram propostos podemos identificar como axiomas secundários: combinações simples de movimentos circulares uniformes. O que se entenderia por “combinações” e por “simples” constituiu a ciência astronômica de fato, naquele tempo, e seu juiz final foi sempre a concordância com os dados empíricos, obtidos em grau cada vez maior de precisão e calculados matematicamente (teoricamente) com grau cada vez maior de rigor e sofisticação. O resultado final: uma ciência empírico-matemática perfeita.

Assim, “importa observar que o maior ônus que nos impõe o *Almagesto* é o de dar tratamento matemático extremamente complexo à maneira como cada qual dos planetas parece mover-se contra o pano de fundo das estrelas fixas. (...) É, pois, no *Almagesto* que vemos o triunfo de uma explicação matemática da natureza, alcançado ainda no período helenista e operando perfeitamente dentro do limite de todas as observações que se faziam possíveis a olho desarmado. Tratou-se, claramente, do primeiro setor científico a adquirir sensível e admirável perfeição. Em nossa história, a teoria planetária matemática cedo se tornou uma região de conhecimento do mundo físico em que a indiscutível lógica da matemática mostrou-se adequada e suficiente. (...) Torna-se, pois, razoável adiantar a conjectura de que essa difícil teoria fundamental constitui um altiplano intelectual de nossa cultura – elevado altiplano presente em nossa civilização, mas não em qualquer outra. Em todos os ramos da ciência de todas as outras culturas, nada há que se compare a esse rápido domínio de um corpo de conhecimento, requintado, avançado e de caráter inteiramente matemático, para explicar a natureza. (...) A explicação mostrou-se perfeita e o livro fez-se exemplo de uma abordagem que, estendida aos demais ramos da ciência, tornaria a totalidade do universo inteiramente acessível à compreensão do homem”<sup>(1)</sup>

Sob todos os aspectos, levando-se em conta a capacidade empírica e a cultura matemática da época, não dispondo de instrumentos e concepções mais refinados, a astronomia ptolomaica nada deve a qualquer ciência empírico-matemática moderna. Talvez o contrário. Consequentemente a primogênese da ciência moderna não está na física newtoniana. Encontra-se já, de forma clara e definida, na astronomia concebida quinze séculos antes por Ptolomeu, idealizada por Platão e inspirada em Pitágoras. Logo, embora as ciências matemáticas contemporâneas sejam incomparavelmente mais complexas e abrangentes, estão elas seguramente enraizadas na astronomia ptolomaica, a verdadeira “mãe” de todas as ciências matemáticas.

Contrariamente a estas considerações, porém, a análise histórica positivista da astronomia pré-renascentista iria primeiramente descaracterizá-la por inteiro para em seguida destruí-la logicamente. Assim, o axioma fundamental tornar-se-ia um dogma infundado meramente, fruto de crenças desprovidas de qualquer conteúdo, resultado de ignorância da realidade “verdadeira e científica”. Os axiomas secundários, então, tornar-se-iam considerações ad-hoc para “salvar os fenômenos”, onde por isto entende-se um procedimento ilógico de ajustes in-conseqüentes. Logo, toda uma prática verdadeiramente

científica com séculos de aperfeiçoamento transformou-se, sob esta visão deturpada, num mero “almanaque de advinhações” baseado em credices estúpidas.

Esse evidente exagero é a imagem vendida ao leigo. As análises mais escolásticas concedem valor à engenhosidade do sistema e seu elevado grau de precisão, mas o fazem dentro da descaracterização acima descrita, como fatos aberrantes a serem “negados” mediante análise cuidadosa. Nesta, invoca-se sempre o fato de na teoria ptolomaica ter havido o divórcio entre a astronomia matemática e a “astronomia física”.<sup>(2,3,4)</sup> Por esta última entende-se considerações de cunho aristotélico acerca de um modelo mecânico para o cosmos. Ora, tal concepção mecanicista, tão dominante no século passado, hoje não se sustenta mais nem com relação à própria ciência contemporânea. Similarmente, num primeiro estágio de desenvolvimento da astronomia antiga, buscaram-se modelos mecânicos para esta. O mesmo fator que determinou a dissociação e conseqüente abandono do mecanicismo na era antiga responde pelo ocorrido hoje em dia. Trata-se do caráter transcendente da matemática, pura e simplesmente.

Por outro lado, o divórcio que existiu e permaneceu por muitos séculos, este sim, é o divórcio entre Céu e Terra, cosmos e caos. Curiosamente, este divórcio real foi capitaneado pelo próprio Aristóteles, para quem as realidades celeste e terrena eram absolutamente incompatíveis, somente a primeira sendo passível de análise matemática, por seu caráter divino. É esta distinção metafísica que constitui o dogma fundamental do mundo antigo e medieval. Assim, *a ciência matemática da época demarcou suas fronteiras: os fenômenos celestes*. Consequentemente, enquanto a astronomia desenvolveu-se matematicamente, a física estacionou na teoria aristotélica que, como perfeitamente enfatizado por Galileo, não era passível de uma análise matematicamente consistente.

Portanto, a grande síntese matemática da astronomia com a física, realizada por Galileo-Newton, que envolve o questionamento fundamental do axioma terceiro da astronomia ptolomaica: a Terra em repouso, é na verdade um questionamento físico, primordial e essencialmente. Sua relevância astronômica foi secundária, na era antiga. Assim, a teoria astronômica de Aristarco, embora mais simples que a de Eudoxo, era inconcebível dentro da distinção metafísica entre Céu e Terra. Suas conseqüências físicas eram metafisicamente impossíveis. Tal teoria envolvia a quebra das fronteiras estabelecidas e portanto não permitia, à época, uma formulação matematicamente consistente. É marca registrada de genialidade da teoria ptolomaica a construção matematicamente perfeita dos fenômenos astronômicos mantendo este axioma terceiro e, assim, mantendo nítidas e intactas suas fronteiras. Aqueles que hoje pensam o contrário não entenderam ainda o que vem a ser uma teoria cientificamente consistente.

Desta forma, na revolução científica da Renascença deu-se a expansão de fronteiras da ciência empírico-matemática (já existente) dos fenômenos de movimento

celestes aos fenômenos de movimento físicos gerais. Evidentemente, dado o vulto de tal empreendimento, toda uma reestruturação, toda uma nova metafísica, toda uma nova teoria matemática, resultariam. Porém, desatribuir o caráter empírico-matemático à astronomia ptolomaica por sua cuidadosa demarcação de fronteiras, seria o mesmo que renunciar este caráter à física newtoniana por esta não levar em conta fenômenos mentais, psíquicos, espirituais, etc...

Finalmente corrigido este desvio na análise histórica da ciência matemática, cabe-nos investigar então como, efetivamente, deu-se o desenvolvimento da ciência astronômica de Platão a Ptolomeu e quais foram os ingredientes fundamentais que o possibilitaram. Ao que tudo indica, o fator singularmente determinante foi a conjunção da astronomia grega, enquanto geometria axiomática (lógica), com a astronomia babilônica, de caráter empírico e aritmético (computativo). Foi na Babilônia que a astronomia empírica primeiramente se desenvolveu de forma notável.

“A técnica babilônica consistia em usar uma série de sequências compostas de números que aumentavam e diminuíam regularmente ou de números que mantinham entre si diferenças que aumentavam e diminuíam regularmente. Todas essas constantes numéricas eram engenhosamente dispostas, de modo a traduzir as periodicidades necessárias e proporcionar resultados quantitativamente precisos, sem recurso a qualquer representação ou modelo geométrico”. Por outro lado, entre os gregos, “discernimos a presença de uma atmosfera em que se desenvolvem a lógica e a geometria (...), mas de onde está totalmente ausente o conhecimento mais aprofundado do cálculo.” Assim, “os gregos tinham admirável conceito pictórico dos movimentos celestes, mas visão rudimentar de algo que pudesse ser medido quantitativamente e não apenas percebido qualitativamente. Os Babilônios conheciam todas as constantes e os meios de relacionar a teoria a pormenorizadas observações numéricas, mas não dispunham do conceito pictórico que transformaria o sistema em algo mais que uma sequência de números. (...) A verdadeira consequência frutífera surgiu como resultado natural, mas fortuito, (desta) combinação.”<sup>(1)</sup>.

Esta combinação é propiciada pelas conquistas de Alexandre, o Grande, em 334 A.C. Temos portanto o enquadramento histórico no qual podemos entender o desenvolvimento desde o modelo simples mas inexato de Platão, em IV A.C., até o modelo complexo porém exato de Ptolomeu, em 140 D.C.

Assim, Eudoxo com seu modelo de esferas concêntricas nos daria a primeira teoria astronômica, propriamente

dita. Deste utilizou-se Aristóteles para conceber um modelo mecânico-geométrico para o cosmos de precisão análoga ao de Eudoxo, porém “mais realista”. A diferença principal consistiu na introdução de novas esferas auxiliares que permitiam conceber o modelo de Eudoxo e Calipo como mecanismo único, embora mais complexo, constituído de material aetéreo. Do ponto de vista empírico-matemático, não houve qualquer aperfeiçoamento por parte de Aristóteles além dos já introduzidos por Calipo, estes sim por motivos empíricos.

Estes modelos explicaram parte das irregularidades dos movimentos celestes, como retrogressões e estações, mas não completamente, como variações de tamanho e brilho. Acima de tudo, porém, conforme os cálculos empíricos iam se aperfeiçoando foi se tornando claro que o modelo mecânico de Aristóteles era *irreal*, pois impossível de corresponder precisamente aos fatos. Logo, como na física moderna, a astronomia antiga libertou-se do modelo mecânico em busca de seu natural desenvolvimento matemático.

O segundo estágio, então, inicia-se com Apolonio e Hiparco, ainda no século II A.C., e só termina com o tratado final de Ptolomeu. Com o abandono do mecanismo, primeiramente as esferas auxiliares e finalmente as esferas originais deixam de ser consideradas, bastando, para a análise geométrica, a figura abstrata do círculo. É o mesmo processo de abstração de modelos, induzido pelo desenvolvimento matemático, que presenciamos na física teórica contemporânea. Os novos elementos (axiomas) introduzidos: excêntrico, deferente, epiciclo e equante, permitiram o desenvolvimento de uma teoria matemática cada vez mais precisa e auto-consistente, capaz de explicar e predizer com grau de precisão absoluta, para a época, o movimento do Sol, Lua, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, com referência às “estrelas fixas” e seu movimento diurno.

Como na física moderna, uma “teoria de perturbação” estabeleceu-se como método de indução teórico-empírico permitindo sucessivas aproximações e “infinita” precisão entre teoria e experiência, sempre dentro do mesmo sistema matemático. O fato de cada astro ter que ser analisado separadamente, embora com os mesmos axiomas, também encontra conformidade com a física moderna e suas diferentes interações básicas, embora descritas na mesma linguagem. Da mesma forma que, hoje, cada uma das quatro interações conhecidas possui sua “carga” distinta, na astronomia ptolomaica cada planeta é concebido como fonte independente de seu próprio movimento; cada astro, na metafísica ptolomaica, possui sua própria “alma mundi”, ou força vital. <sup>(2,3,4,5)</sup>

Concluída, a astronomia alexandrina triunfou até a Renascença quando foi sendo gradualmente suplantada por análises baseadas na física newtoniana. Estas, porém, levaram considerável tempo para alcançar grau de precisão comparável ao de sua antecessora (ou da reformada versão copernicana). Sua substituição originou-se, portanto, em considerações de caráter metafísico, fundamentalmente. Permanece um significativo fato histórico tal

teoria nunca ter sido abalada por dados experimentais incompatíveis, à sua época.

### Galileo-Newton

Uma vez esclarecida a origem histórica das ciências empírico-matemáticas, é todavia na revolução de Galileo, Descartes, Leibniz e Newton que encontramos o exemplo mais explícito da transformação do saber categórico no saber matemático. Além de ser o primeiro e ainda o melhor caso histórico de expansão das fronteiras deste mesmo saber matemático.

Por saber categórico entende-se uma prática científica de criteriosa distinção e agrupamento dos diversos fenômenos ou objetos a serem analisados de acordo com suas diferenças e similitudes características. O protótipo deste saber, de fato muito antigo e presente em todas as culturas, é a biologia aristotélica, que ainda hoje se mantém presente. O conceito de essência é fundamental para a boa organização destas ciências. Ele parece-se com o axioma matemático exceto que não possui seu caráter lógico dedutivo, e portanto construtivo (ouso dizer dinâmico). Trata-se de um conceito demarcativo e ordenativo (e por assim dizer, estático). De certo modo, pode-se pensar que a essência é um pré-axioma, um estágio anterior, mais óbvio, menos refinado e, principalmente, menos abstraído.

Não caímos aqui na armadilha de contrapor os valores destes dois conceitos fundamentais. Ser menos abstraído não significa ser pior, ou menos importante. A essência e o axioma servem a propósitos diferentes. *A essência é a parte ínfima e nuclear que se faz presente nos fenômenos ou objetos em questão.* O axioma, porém, não se encontra necessariamente presente em qualquer dos fenômenos ou objetos em questão. Pelo contrário, *o bom axioma não se encontra presente em qualquer fenômeno ou objeto em questão.* Tendo sido completamente abstraído, ele é *codificado simbolicamente em uma estrutura lógico-dedutiva*, a qual (re)construirá os fenômenos ou objetos em questão.

Como exemplo da aplicação destes dois conceitos, podemos re-examinar a astronomia antiga. *A essência dos movimentos celestes* (planetas, Sol e Lua) constitui sua *periodicidade irregular*. O *axioma* de Platão-Ptolomeu é o *círculo perfeito*. O outro grande exemplo histórico é a lei da inércia, como veremos adiante. Nestes e nos já inúmeros outros casos existentes ou possíveis, cabe ressaltar a diferença de propósito entre ambos os conceitos e consequentemente das distintas formas de ciência.

Assim, a ciência categórica cumpre uma função primordialmente demarcativa e ordenativa, de acordo com seu conceito fundamental, a essência. Já a ciência matemática cumpre a função projetiva e construtiva, decorrente de sua estrutura axiomática. Dificilmente (senão impossivelmente) pode-se prescindir de uma ou outra. O fato da segunda ter, necessariamente, aparecido num estágio posterior e mais avançado não diminui o valor

da primeira. Esta é ainda hoje (e provavelmente sempre) condição necessária para que a outra atinja um grau suficiente de auto-consistência e precisão. Todas as boas teorias científicas existentes combinam as duas formas de saber de maneira inteligente.

Porém, a gênese do saber matemático, necessariamente precedido e demarcado pelo saber categórico, é o fato histórico que procuramos compreender. Conforme ressaltado, embora a primogênese deste processo tenha se dado no mundo antigo, na ciência astronômica, é na renascença da ciência física que encontramos elementos em quantidade para um entendimento mais completo do que vem a ser a ciência contemporânea.

Portanto, importa ressaltar que a física pré-galileana, ao contrário da astronomia, constituía-se numa ciência categórica, elaborada em sua forma quase final por Aristóteles, com pequenas modificações ao longo dos séculos. Nesta, os fenômenos físicos eram separados em 4 categorias diferentes, de acordo com as 4 essências básicas: água, fogo, terra e ar. Estes por sua vez diferiam, também essencialmente, dos fenômenos celestes do mundo supra-lunar, de essência aetérea. De acordo com esta teoria, cada essência possuía, dentre seus atributos próprios, seu lugar próprio e portanto seu movimento natural próprio. É interessante notar que muitas análises atuais deste saber “esquecem-se” que estes atributos de espaço e movimento não eram os únicos que importavam na física aristotélica. Assim, por exemplo, eram atributos do fogo: luz e calor, da água: viscosidade e maleabilidade, e etc... O conhecimento científico de então operava por uma análise cuidadosa dos diversos fenômenos e objetos através das possíveis distinções e combinações de suas essências. Era uma teoria científica empírica (até certo ponto quantitativa), porém não matemática.

Ninguém, em sã consciência, contestaria o caráter científico e empírico da biologia e, por conseguinte, da medicina atual. Porém ambas não são, ainda hoje, matemáticas. Pode-se argumentar que a teoria aristotélica é simples em demasia; que somente 4 essências não são suficientes, etc... Com efeito, a química, com base na teoria atômica, buscou exatamente um refinamento deste sistema, para uma classe mais limitada de fenômenos (excluía-se o movimento, por exemplo). O átomo nada mais é que o conceito de essência aplicado aos fenômenos químicos, estes por sua vez especializados e refinados dos processos alquímicos, com base na teoria aristotélica. Porém, tanto a química, quanto sua base teórica (a teoria atômica) tornaram-se matemáticas somente através da física, já matematizada. Portanto, não é por um processo contínuo de especialização e refinamento que se passa de uma ciência categórica para uma ciência matemática. O inverso parece ser o fenômeno histórico verdadeiro, e as ciências matemáticas estão se tornando cada vez mais genéricas e unificadas.

Cabe-nos então indagar de que maneira ocorre a transformação da ciência categórica na ciência matemática, de uma organização fundamentada em essências para uma estrutura lógico-axiomática. Creio não haver uma re-

ceita de bolo que possa ser aplicada em cada caso. Na verdade, esta parece ser, por assim dizer, a pedra fundamental do processo científico moderno: da essência ao axioma. Como tal, seria uma arte que só as mentes mais brilhantes, embebidas na maturação de conceitos refinados e na força explosiva de questões fundamentais, conseguiriam realizar, em cada caso de forma original e imprevisível. Resta-nos todavia porém a análise a-posteriori, i.e. histórica, destes processos. E a física nos dá o exemplo clássico.

Desta forma, primeiramente é preciso esclarecer que, de todos os atributos que as essências aristotélicas possuíam, somente os de espaço e movimento importaram para a matematização. *Pois sob influência absoluta e direta da astronomia matemática, que lidava exatamente com as noções de espaço e movimento, foi que a matematização destes conceitos se estendeu, dos fenômenos celestes, aos fenômenos físicos gerais.* Este foi, portanto, o caminho natural para a matematização da física e, como tal, foi direcionado não por Galileo, ou Newton, mas pela já existente astronomia matemática. A posterior deturpação da física aristotélica a uma simples pseudo-ciência do movimento tem sua raiz na absoluta incompreensão deste fato básico.

Recordemos<sup>(4,5,6,7)</sup> então, que a física aristotélica distinguia os atributos essenciais dos movimentos naturais, i.e. “livres”, dos fenômenos físicos não celestes, de acordo com o conceito de movimento retilíneo, porém não uniforme, em direção ao seu “lugar natural”, i.e., seu atributo espacialmente essencial. Estes dividiam-se em duas categorias: os centrais, i.e., cujo “lugar natural” era o centro do universo (e portanto da Terra) e cujo movimento “natural” dirigia-se ao centro, i.e., “para baixo”, e os periféricos, cujo “lugar natural” era a esfera sublunar e cujo movimento, portanto, dirigia-se para fora do centro, i.e., “para cima”. Notemos então que o conceito de movimento retilíneo, porém não uniforme, já se encontra posto como atributo universal de movimento para os fenômenos não celestes. A distinção é operada pelo atributo espacial, este, por sua vez, enraizado no dogma fundamental da distinção essencial entre Céu e Terra, com toda certeza um dos conceitos mais antigos e universais de toda a humanidade. É importante enfatizar, porém, que o conceito retilíneo, neste contexto, era um conceito de essência, não axiomático. Referia-se à noção de direcionalidade, não importando o caráter de reta perfeita. Não havia nele, ainda, qualquer caracterização geométrica, cuja aplicação era, na época, restrita aos fenômenos celestes, por seu caráter essencialmente divino.

Assim, pôde-se identificar como a *essência universal do movimento para os fenômenos não celestes* sua *direcionalidade irregular* (imperfeita e não uniforme). Conforme bem o sabemos, o *axioma primo* da física de Galileo-Newton, convém enfatizar, uma *física do movimento* fundamentalmente, é a *reta perfeita* (portanto uniforme), conhecido hoje como a lei da inércia, ou 1<sup>a</sup> lei de Newton, inferida por Galileo e elaborada por Descartes.

A semelhança entre o processo de axiomatização da astronomia celeste e o da física do movimento terreno, neste primeiro estágio, não é acidental. Em ambos os casos buscou-se a geometrização dos fenômenos espacialmente dinâmicos. O próprio conceito de tempo que resultou: um marcador de durações disposto sequencialmente, já se encontra naturalmente na astronomia antiga na forma do calendário terreno, para as necessidades daquela ciência, preciso o suficiente. Com algum refinamento, é o que persiste ainda hoje. Sua axiomatização como uma reta geométrica, deve-se a Descartes, com efeito, e em vista do novo axioma primo não é nada estranho. Na verdade, é o único consistente. Vale lembrar, porém, que tal axiomatização (do tempo) não foi necessária para a ciência astronômica antiga, que dela pôde prescindir, dado o caráter bem mais lento de seus fenômenos em questão.

No entanto, é da contraposição e conjunção dos fenômenos de movimento terreno e celestes e suas axiomatizações, que uma realmente nova teoria matemática resultaria, propiciada pela revolução metafísica imposta por uma observação singela de Galileo: as luas de Júpiter.

Creio não haver meios de enfatizar a enormidade e propiidade de questionamentos que tal observação propiciou às mentes mais sensíveis e aguçadas daquela época, como a de Galileo. Pois com o desenvolvimento da cultura religiosa católica, durante os vários séculos da idade média, o dogma metafísico fundamental, da distinção essencial entre Céu e Terra, transformou-se em um dogma religioso absolutamente imprescindível. Naquele momento, o céu que se olhava das janelas era o mesmíssimo Céu onde habitava Deus, Cristo, o Espírito Santo e seus anjos, arcanjos, santos, etc..., para os quais as mentes se dirigiam em seu estado de concentração mais pura, nas orações e preces. O mesmo lugar para o qual as almas boas se dirigiam após a morte. Um lugar, um espaço, essencialmente divino, sagrado. Necessariamente distinto de nosso lugar, nosso espaço terreno, mundano, profano. E por sua completa inacessibilidade física, imaginado como realidade de essência absolutamente distinta da realidade terrena. É neste contexto que Galileo observa que Júpiter, como a Terra, é redondo e possui luas que giram ao seu redor, como a Terra. Luas estas que têm em Júpiter seu centro, portanto, e não a Terra. Porém, mais que deixar de ser o centro (aproximado) dos movimentos celestes, mais que deixar de ser o centro do universo, naquele momento fatídico, a Terra passa a ser de natureza espacial essencialmente igual a Júpiter. Por conseguinte, como Júpiter está no Céu, *a natureza espacial do Céu e da Terra são da mesma essência.*

Resultaram desta revolução metafísica duas consequências fundamentais para o desenvolvimento da física newtoniana. A primeira pode ser subdividida em duas: a Terra deixa de ser necessariamente o centro do universo, podendo estar em movimento, mas neste caso, como explicar seu aparente repouso; e se o espaço físico passa a ser essencialmente homogêneo, como explicar o movimento se não por suas diferenças espaciais essenciais. A

segunda dará o caminho da resposta: se Céu e Terra são de natureza espacial essencialmente igual, é de se conceber que a geometrização (matematização) dos movimentos terrenos seja possível, assim como o foi para os movimentos celestes.

Portanto, é com a ruptura das fronteiras entre Céu e Terra que os fenômenos de movimento terreno passam a ser tratados à luz da ciência celeste que, por sua vez, num segundo momento, será modificada para que toda a nova ciência matemática do movimento seja auto-consistente e precisa, e portanto, perfeita. Assim, num primeiro momento buscou-se uma matematização do movimento terreno paralelamente à matemática celeste, à época, perfeita. Galileu rejeitou Kepler por sua teoria não ser axiomáticamente perfeita, contrariamente à de Ptolomeu. Este é um dado histórico fundamental que mostra o quão grande era o gênio de Galileu, e o quão profundo seu entendimento da tarefa a que se propôs: a matematização do movimento terreno.

Desta forma, enquanto defendia enfaticamente o copernicismo, que mantinha a estrutura matemática de Ptolomeu, um pouco simplificada pela troca dos centros e já não metafisicamente problemática, concentrou seus esforços na construção de uma teoria matemática para o movimento terreno per si, levando-o a inferir a lei da inércia como sua base. Porém, embora possamos supor sua intuição quanto à radical distinção entre os axiomas básicos dos movimentos terreno e celeste, i.e. reta e círculo, Galileu buscou a conjunção de ambos “reduzindo” o movimento retilíneo a um movimento circular com raio muito grande, mantendo pois o axioma de Platão como primordial.<sup>(4,5)</sup> Coube a Descartes a resolução de incompatibilidade entre tal “redução” e a física terrena, com o conseqüente estabelecimento da reta como axioma primo, portanto independente, do movimento terreno.

Descartes e Leibniz elaborariam ainda mais a matematização do movimento, estabelecendo os fundamentos da geometria analítica e do cálculo infinitesimal, respectivamente, mas deve-se ao gênio de Newton sua conclusão, quando a síntese final das ciências matemáticas do movimento terreno e celeste, e portanto dos movimentos gerais, deu-se com a lei da gravitação universal, segundo a qual o círculo (mais geralmente as cônicas, particularmente as elipses de Kepler) seria deduzido a partir da reta, via o cálculo diferencial de Leibniz e do próprio Newton. Então, finalmente, o “Principia” superou o “Syntaxis” como o grande livro das ciências matemáticas.

### Epílogo

Talvez aqui coubesse um discurso preciso de todos os passos que levaram à lei da inércia e à física newtoniana por completo, ou ainda uma abordagem cuidadosa do novo nível de empiricismo obtido na física matemática, pioneiramente por Galileu, onde as observações experimentais, podendo ser bem mais controladas, tornaram-

se qualitativa e quantitativa bem mais sofisticadas. Contudo, tais aspectos têm sido exaustivamente explorados por diversos autores em inúmeros tratados.

Devemos reconhecer também que nenhuma história completa do projeto matemático pode prescindir de uma análise detalhada do desenvolvimento da teoria eletromagnética, sua conseqüente teoria da relatividade, da física quântica, enfim, de uma já quase infindável lista de especializações, aprofundamentos e aplicações dos diversos ramos das ciências matemáticas e da própria matemática. Porém, tal estudo é inconcebível na estrutura sintética deste texto. Assim, o mais necessário é enfatizar o caráter fundamental da ciência moderna. Para tanto, basta-nos ouvir aos mestres:

“É comum caracterizar a ciência moderna dizendo que ela se baseia em fatos, que experimenta e prova experimentalmente suas cognições, e que se trata de uma atividade investigava de cálculos e medições”.

“Mas não existem fatos puros. Um fato só o é à luz de uma concepção fundamental e sempre dependente do alcance desta mesma. Ademais, a maneira de experimentar está presumivelmente conectada com o tipo de determinação conceitual dos fatos e suas aplicações, i.e., com o tipo de pré-concepção das coisas. Ainda, é uma questão de como e com que sentido o cálculo e a medição são aplicados e efetuados, e qual sua importância na determinação dos próprios objetos”. Logo, “com estas três características, ainda não obtemos o caráter fundamental da ciência moderna”.<sup>(6)</sup>

Pois “o que está em jogo, aqui, não é a certeza, mas o Ser. (Não) o direito de medir o que é mensurável e contar o que é contável, mas a estrutura da ciência e, portanto, a estrutura do Ser”.<sup>(7)</sup>

Como, então, obter esta nova estrutura do Ser? “Nós obtemos este caráter fundamental ao dizer que a ciência moderna é matemática. A questão decisiva é: o que significa matemática? *Ta matemata: as coisas das quais tomamos cognição como o que já sabemos serem de antemão.* Aquilo a respeito das coisas que nós realmente já sabemos. Portanto, não nos apropriamos delas primeiramente, mas, de certa forma, trazemo-nas já conosco”.<sup>(6)</sup>

Como visto, o axioma primo da nova física do movimento é a reta perfeita, expressão geométrica da lei da inércia: todo corpo livre, i.e. deixado a si mesmo, permanece em seu estado de repouso ou movimento retilíneo uniforme.

“E desta lei? Fala-nos de um corpo que é deixado a si mesmo. Onde o encontramos?”

Não *existe* tal corpo. Tampouco há qualquer experimento que nos pudesse trazer tal corpo a uma percepção direta. Mas a ciência moderna tem tal lei em seu ápice. Esta lei falamos de algo que não *existe*".<sup>(6)</sup>

Pois "os corpos que se movem em linha reta num espaço vazio infinito não são corpos *reais* que se deslocam num espaço *real*, mas corpos *matemáticos* que se deslocam num espaço *matemático*".<sup>(7)</sup>

Neste paradoxo<sup>(\*)</sup>, tão antigo quanto Platão, fundamenta-se toda a ciência contemporânea de nosso mundo e seu universo e, com ela, as bases metafísicas de nossa civilização.

---

**Agradecimento:** Ao Professor L.A.R. Oliveira pelas várias considerações, indicações, discussões e comentários que contribuíram de forma determinante na elaboração deste texto.

(\*) Nas duas últimas citações, as palavras grifadas adquirem seus significados ordinários (NdA)

---

<sup>1</sup> de Solla Price, D. "A Ciência desde a Babilônia", Editora Itatiaia Limitada (USP), São Paulo, 1976.

<sup>2</sup> S. Sambursky, "The Physical World of the Greeks", Routledge & Kegan Paul, London, 1963.

<sup>3</sup> Koestler, A. "O Homem e o Universo", IBRASA, São Paulo, 1989.

<sup>4</sup> Lucie, P. "A Gênese do Método Científico", Editora Campus, Rio de Janeiro, 1978.

<sup>5</sup> Cohen, I.B. "The Birth of a New Physics", Greenwood Press, Connecticut, 1981.

<sup>6</sup> Heidegger, M. "Modern Science, Metaphysics and Mathematics" (traduções para o Português pelo presente autor). Em "Basic Writings", Harper & Row, New York, 1977.

<sup>7</sup> Koyre, A. "Galileo e Platão". Editora Gradiva, Lisboa, s/d.