



Uma análise do critério de “experiências sensatas e demonstrações necessárias” em Galileu

An analysis of the criterion of "sensible experiments and necessary demonstrations" in Galileo

DOI: 10.20873/rpv8n1-60

Caio Bismarck Silva Xavier

Orcid: 0000-0001-8775-4873
Email: caiobismarckxavier@gmail.com

Resumo

O presente trabalho consiste na análise do enunciado “experiências sensatas e demonstrações necessárias”, que Galileu utiliza em seus argumentos em favor da autonomia da ciência na “Carta a Castelli”. Nosso propósito é explicar o enunciado “experiências sensatas e demonstrações necessárias” como sendo o critério de conhecimento dos fatos da realidade física que Galileu estava propondo com seu conceito de “ciência”. Explicaremos os procedimentos particulares que definiriam os itens “experiências sensatas” e “demonstrações necessárias” do critério de Galileu. Por um lado, as *experiências sensatas* estariam baseadas na interpretação matemática dos efeitos derivados de causas rigorosamente observadas. Por outro lado, as *demonstrações necessárias* seriam baseadas no procedimento do “regresso demonstrativo” (*regressus demonstrativus*). Através de sua forma lógica, o *regressus* estabelece um tipo de demonstração utilizada especialmente nas explicações dos fatos físicos, oferecendo, desse modo, uma descrição verdadeira da realidade. Dessa forma, uma vez que o *regressus* fosse aplicado aos efeitos interpretados matematicamente, teríamos uma descrição verdadeira da realidade. Em uma postura filosófica, Galileu estava propondo uma física baseada na matemática que descrevesse *verdadeiramente*, e não *instrumentalmente*, a realidade.

Palavras-chave

Experiências sensatas. Demonstrações necessárias. Regresso demonstrativo. Autonomia da ciência. Filosofia da Física. Galileu.

Abstract

The present work consists in the analysis of the statement “sensible experiences and necessary demonstrations”, which Galileo uses in his arguments in favor of the autonomy of science in the “Letter to Castelli”. Our purpose is to explain the statement “sensible experiences and necessary demonstrations” as being the criterion of knowledge of the facts of physical reality that Galileo was proposing with his concept of “science”. We will explain the particular procedures that would define the items “sensible experiences” and “necessary

demonstrations” of Galileo's criterion. On the one hand, *sensible experiments* would be based on the mathematical interpretation of effects derived from strictly observed causes. On the other hand, the *necessary demonstrations* would be based on the procedure of “demonstrative regress” (*regressus demonstrativus*). Through its logical form, the *regressus* establishes a type of demonstration used especially in the explanations of physical facts, thus offering a true description of reality. That way, once regressus was applied to the mathematically interpreted effects, we would have a true description of reality. In a philosophical posture, Galileo was proposing a physics based on mathematics that *truly* described, not *instrumentally*, the reality.

Keywords

Sensible experiences. Necessary demonstrations. Demonstrative regress. Autonomy of Science. Philosophy of Physics. Galileo.

Introdução

O objetivo deste trabalho é explicar o enunciado “experiências sensatas e demonstrações necessárias” que Galileu utiliza em seus argumentos em favor da autonomia da ciência na “Carta a Castelli”. Na nossa leitura, compreenderemos este enunciado como sendo um “critério”, o qual compõe parte do conceito de “ciência” que Galileu estaria propondo. De acordo com Galileu, o cumprimento do critério de “experiências sensatas e demonstrações necessárias” garantiria a justificação da autonomia da ciência diante dos pressupostos instrumentalistas da tradição intelectual de sua época. No entanto, para que este critério proposto por Galileu pudesse sustentar a autonomia da ciência, este critério deveria, por sua vez, estar aliado a uma nova concepção ontológica da natureza.

De acordo com Koyré (1982), a matematização da natureza é justamente o fator que faz de Galileu o provável fundador da ciência moderna, pois a revolução galileana é essencialmente uma revolução conceitual. Com efeito, essa matematização dependeria de uma nova concepção ontológica. Pelo menos, uma concepção que não pressupusesse qualidades atribuídas pelo senso comum, mas sim, entidades matemáticas.

Segundo nossa hipótese, os itens “experiências sensatas” e “demonstrações necessárias” do critério proposto por Galileu, se definem por procedimentos diferentes, mas tais itens estariam interconectados através dessa nova concepção ontológica da natureza. Por um lado, as

“experiências sensatas” se fundamentariam na interrogação e interpretação matemática dos fatos observados. Por outro lado, as “demonstrações necessárias” se fundamentariam no caráter apodítico do procedimento do “regresso demonstrativo” (*regressus demonstrativus*). Através de sua forma lógica, o *regressus* estabelece um tipo de demonstração utilizada especialmente nas explicações dos fatos físicos. Dessa forma, uma vez que o *regressus* fosse aplicado aos fenômenos interpretados matematicamente, teríamos uma descrição verdadeira da realidade. Em uma clara postura filosófica, Galileu estaria propondo uma física baseada na matemática que descrevesse *verdadeiramente*, e não *instrumentalmente*, a realidade.

Nossa estratégia é começar apresentando, em uma primeira seção, o contexto histórico do debate de Galileu com seus adversários. Assim, teremos mais condições de compreender os discursos que Galileu estava enfrentando. Feito isso, introduziremos outra seção na qual apresentaremos trechos da “Carta a Castelli” de Galileu, para identificarmos os enunciados em termos de “experiências sensatas e demonstrações necessárias”. Converteremos tais enunciados em um critério composto por dois itens particulares: “experiências sensatas” e “demonstrações necessárias”. Explicaremos cada um destes itens separadamente em seções respectivas. Definiremos “experiências sensatas” através das experiências relatadas no “Sidereus Nuncius”, conectando com as ideias que Galileu apresenta no texto “O ensaiador”. Definiremos “demonstrações necessárias” através do manuscrito “Tractatio de demonstratione”¹ e de algumas passagens do “Diálogo sobre os dois máximos sistemas de mundo ptolomaico e copernicano”. Noutra seção, explicaremos a interconexão entre os itens “experiências sensatas” e “demonstrações necessárias” em relação à nova concepção ontológica da natureza proposta por Galileu proposta no “O ensaiador”. Para corroborar nossa hipótese, nos apoiaremos em especial em Koyré, Mariconda, Wallace e Clavelin.

¹ Este texto é uma parte de um manuscrito completo chamado Tractatio de demonstratione & Tractatio de praecognitionibus et praecognitis, conhecido pela sigla MS 27. Neste trabalho, me limitarei apenas ao Tractatio de demonstratione, no qual Galileu explora o regressus.

As controvérsias de Galileu pela autonomia da ciência

Em 1610, Galileu publicou o opúsculo “Sidereus Nuncius” (*Mensagem das Estrelas*), obra na qual relata as descobertas realizadas através de observações que vinha fazendo desde outubro ou novembro de 1609 com seu telescópio (LEITÃO, Introdução, p. 20. In: GALILEI, 2010). Ao observar o céu utilizando um telescópio de fabricação própria, Galileu coloca em prática a técnica da experimentação e cria, a partir disso, um novo conceito de astronomia. Esta nova astronomia não só reflete um traço fundamental da Revolução Científica dos séculos XVI-XVII, como também coloca em evidência a falsidade da cosmologia tradicional, mostrando que esta não tinha a necessária sustentação empírica. Segundo Alexandre Koyré,

Foi precisamente construindo um telescópio e utilizando-o, observando cuidadosamente a Lua e os planetas, descobrindo os satélites de Júpiter, que Galileu desferiu um golpe mortal na astronomia e na cosmologia de sua época (KOYRÉ, 1982, p. 153).

A partir da publicação do “Sidereus Nuncius”, Galileu começa uma resoluta campanha pelo copernicanismo, a qual se encerra em 1632 com a publicação do “Diálogo sobre os dois máximos sistemas de mundo ptolomaico e copernicano”², e com a conseqüente condenação de Galileu pelo Tribunal do Santo Ofício no ano seguinte. Durante esse período de 22 anos, conhecido na historiografia como “período polêmico”, Galileu publicou diversas obras e documentos epistolares, nos quais podemos constatar muitos argumentos filosóficos decisivos para a Revolução Científica e o desenvolvimento da Física Moderna.

Os argumentos filosóficos de Galileu constituem controvérsias de uma campanha: a propaganda e defesa do copernicanismo. O que, além de ser uma doutrina cosmológica, seria um conceito de ciência. De acordo, com Mariconda,

Dois aspectos são responsáveis pela fascinação e também pela reação e resistência produzidas pelo sistema heliocêntrico. O primeiro diz respeito ao elemento nevrálgico e essencial da história do pensamento sobre o qual age a chamada revolução copernicana. O segundo refere-se a uma espécie de forma pura, como que invariante, que permite caracterizar o copernicanismo como um tipo específico de postura científica e filosófica (MARICONDA, Int., p. 27. In: GALILEI, 2011).

² Doravante, nos referiremos a esta obra apenas pelo nome “Diálogo”.

Esse “tipo específico de postura científica e filosófica” característica do copernicanismo é justamente o princípio da Revolução Científica dos séculos XVI-XVII. Não é sem motivo que o marco desta grande revolução é o ano de 1543, quando Copérnico publica seu “Das revoluções das esferas celestes”. Nesse sentido, é o copernicanismo que inaugura o “paradigma”³ sob o qual a ciência moderna nasce. A Revolução Científica é caracterizada por uma mudança de paradigma, a saber, a mudança do fundamento do conhecimento do polo do objeto⁴ para o polo do sujeito. Isso significa que o primado do conhecimento passa a ser o sujeito, o qual seria o agente do conhecimento. Dessa forma, o mundo se torna o objeto do conhecimento enquanto representação no entendimento. As propriedades das coisas representadas passam a ser demonstradas através da relação que possuem com o entendimento, não mais como propriedades intrínsecas às coisas. Sendo isso, fundamental para que a ciência seja afirmada como sendo autônoma. Pois, com esse novo paradigma, o conhecimento do mundo passa a ter um modo *necessário* de ser realizado. Tal como Mariconda afirma:

Existe, portanto, um paradigma copernicano como conceito filosófico de uma nova forma de desenraizamento do mundo sensível. Esse conceito é construído a partir de uma nova concepção da aparência e envolve a descoberta da subjetividade (MARICONDA, Int., p. 28. In: GALILEI, 2011).

Com o copernicanismo, a descoberta da subjetividade determinou o deslocamento da Terra do centro do universo, na medida em que provocou o questionamento da natureza humana. Assim sendo, Revolução Científica é, sobretudo, uma revolução epistemológica⁵.

³ Segundo Thomas Kuhn, “‘paradigma’ significa as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (KUHN, 1978, p. 13).

⁴ Para Aristóteles, o conhecimento se fundamenta nos objetos, de modo que a coisa é como parece ser. É a partir deles que se pode estabelecer as categorias. Segundo Mariconda, “a aparência, para Aristóteles, é constituída a partir de categorias que são como uma sintaxe do próprio ser das coisas e não dependem da maneira pela qual podemos conhecer essas coisas. Entende-se, assim, que a tese copernicana do movimento da Terra, ao descentralizar o observador e colocá-lo em movimento, terá um impacto de fundamental importância sobre o conjunto especificamente organizado da cultura, opondo-se diretamente ao conjunto do saber, da ciência, de religião e da opinião comum” (MARICONDA, Int., p. 27-8. In: GALILEI, 2011).

⁵ Ressaltando que, quem faz a sistematização epistemológica é Descartes. Copérnico apenas inaugura o paradigma e Galileu o desenvolve cientificamente. Com efeito, a verdadeira fundamentação filosófica da Revolução Científica seria feita por Descartes.

Os argumentos de Galileu são desenvolvidos dentro desta nova estrutura de pensamento implicada pela revolução copernicana. Portanto, quando Galileu escreve sobre “experiências sensatas e demonstrações necessárias” na “Carta a Castelli”, ele tinha em mente esse novo paradigma. A “Carta a Castelli” é uma entre outras que constituem um conjunto de documentos epistolares conhecidos na historiografia como “epístolas copernicanas”, datadas de 1613-1615. Os historiadores denominam o período de controvérsias através dessas cartas como “polêmica teológica-cosmológica”. Esta polêmica é um debate em torno do problema da concordância do copernicanismo com as Escrituras⁶. É justamente neste período em que Galileu apresenta seus primeiros argumentos em favor da autonomia da ciência.

Os setores conservadores da Igreja “não tendo como responder às críticas de Galileu aos princípios cosmológicos aristotélicos, mudam o campo de batalha e passam ao ataque levantando uma oposição teológica ao sistema de Copérnico” (MARICONDA, Int., p. 25. In: GALILEI, 2011). A “Carta a Castelli” é a inauguração desta controvérsia, que tem como pano de fundo a relação entre fé e ciência. Essa polêmica seria responsável pela condenação do copernicanismo pelo Tribunal do Santo Ofício em 1616, tendo como consequência a rejeição da obra de Copérnico “Das revoluções das esferas celestes”, ao Índice dos Livros Proibidos⁷. Após o impacto das cartas copernicanas, o copernicanismo sofre um processo de censura, sendo pouco tempo depois declarado herético.

Dois dias após a censura do copernicanismo que ocorre no dia 26 de fevereiro de 1616, Galileu é convidado pelo cardeal Roberto Bellarmino⁸ à sua residência para receber uma admoestação⁹, isto é, uma advertência para que tomasse cuidado com a defesa do copernicanismo,

⁶ Referente à Bíblia; exatamente as passagens: Salmos 19(18), 6 e 104(103), 5; 1 Crônicas 16,30; Eclesiastes 1,4-6; Josué 10,12.

⁷ O Index Librorum Prohibitorum da Sagrada Congregação do Índice, criado em 1559 no Concílio de Trento, cuja função era censurar as obras que fossem contrárias à doutrina católica e, sobretudo, heréticas.

⁸ Roberto Bellarmino (1542-1521) foi um cardeal jesuíta, sendo o principal teólogo da Companhia de Jesus. Figura importante para a Reforma Católica e determinante na censura do copernicanismo.

⁹ De acordo com Mariconda, há uma “declaração do cardeal Bellarmino obtida por Galileu em 26 de maio de 1616, na qual o cardeal afirma que: ‘somente lhe foi confirmada a declaração, feita por Nosso Senhor e publicada pela Sagrada Congregação do Índice, na qual se afirma que a doutrina atribuída a Copérnico, de que a Terra se move ao redor do Sol e que o Sol está no centro do mundo sem mover-se de oriente para ocidente, é contrária às Sagradas Escrituras, e por isso não se pode defender nem sustentar’” (MARICONDA, Int., p. 55. In: GALILEI, 2011).

ao passo que a mantivesse como uma mera hipótese matemática¹⁰. Assim, Bellarmino impunha ao copernicanismo o compromisso metodológico do instrumentalismo (MARICONDA, Int., p. 55-56. In: GALILEI, 2011). Ou seja, Galileu deveria tratar do copernicanismo enquanto uma suposição, sem o compromisso da verdade.

A advertência de Bellarmino expressa a recusa em subscrever as prerrogativas copernicanas, claramente enunciadas por Galileu, de jurisdição da ciência matemática sobre a filosofia natural e de independência da mesma com relação à teologia (MARICONDA, Int., p. 48, GALILEI, 2011). Considerar a astronomia como mero recurso matemático teria como consequência tomar a matemática como um mero instrumento, compreendendo que seus princípios não corresponderiam em nada à natureza. De acordo com Rossi, Galileu considerava a

pesquisa de Copérnico não como um meio para chegar a cálculos conforme à observação, mas como um discurso que concerne “à constituição das partes do universo *in rerum natura*” e a “verdadeira constituição das partes do mundo” (ROSSI, 2001, p. 161).

A doutrina de Copérnico era assentada na matemática. Entretanto, não tomava esta como um mero instrumento, mas sim, como a linguagem dos próprios princípios constituintes do universo. Galileu não acata a censura de 1616, rejeita o compromisso instrumentalista e insiste na defesa da realidade do copernicanismo frente à tradição cosmológica. Isso levará a proibição do “Diálogo” pela Sagrada Congregação do Índice e a condenação de Galileu em 22 de junho de 1633 pelo Tribunal Santo Ofício.

O critério de “experiências sensatas e demonstrações necessárias”

A “Carta a Castelli”, de 1613, é um documento epistolar endereçado a Benedetto Castelli, matemático e colaborador de Galileu. Segundo Mariconda, “Galileu segue a tradição das contendas renascentistas italianas, em que os defensores das partes contrárias escolhem um

¹⁰ A intervenção de Bellarmino expressa com clareza a posição oficial da Igreja com relação ao uso e lugar da matemática na cultura contrarreformista” (MARICONDA, Int., p. 46. In: GALILEI, 2011). Isto é, o lugar da matemática na cultura da reforma católica dependia de como estava organizado o currículo do ensino universitário, o qual, por sua vez, se baseava na hierarquização aristotélica das ciências.

intermediário pelo qual tornam públicas suas posições” (MARICONDA, Int., p. 55. In: GALILEI, 2011). Nesta carta, Galileu apresenta os primeiros argumentos defendendo a autonomia da ciência através do critério de “experiências sensatas e demonstrações necessárias”.

O deslocamento do eixo do debate sobre o copernicanismo da filosofia natural para a teologia escritural implica o debate sobre a exegese bíblica, domínio este que Galileu se vê obrigado a adentrar para refutar os teólogos. No seguinte trecho, Galileu argumenta sobre o motivo das passagens das Escrituras exigirem exposições diferentes:

[...] sendo, todavia, a natureza inexorável, imutável e indiferente a que suas recônditas razões e modos de operar sejam acessíveis ou não ao entendimento dos homens, razão pela qual jamais transgride os termos das leis a ela impostas, parece-me que o concernente aos efeitos naturais, que a experiência sensível coloca-nos diante dos olhos, ou que as necessárias demonstrações comprovam, não deva de maneira alguma ser colocado em dúvida pelas passagens da Escritura [...] (GALILEI, 1988, p. 19, [283]).

Para Galileu, certas passagens nas Escrituras são de tal maneira para acomodarem-se ao entendimento do povo. Assim sendo, suas palavras não teriam o propósito de representar verdadeiramente a natureza. E por conta disso, as proposições científicas não poderiam ser colocadas em dúvida por tais palavras. Neste argumento, Galileu apresenta o primeiro enunciado no qual podemos constatar seu critério de autonomia da ciência: “as conclusões que a *experiência sensível* fornece e que as *necessárias demonstrações* comprovam, não devem ser colocadas em dúvida pelas passagens das Escrituras” (grifo meu). Em outras palavras, as proposições da ciência física não poderiam ser submetidas ao julgamento teológico.

De fato, Galileu é contra a interferência da fé no conhecimento científico. Segundo ele, as Escrituras deveriam ser interpretadas sob sua própria natureza, como um texto moral, e não como um texto sobre filosofia natural. Para Galileu, os intérpretes deveriam tentar estabelecer o verdadeiro sentido das passagens bíblicas. Para reforçar este pressuposto, Galileu escreve:

Não nos sendo possível assegurar com absoluta certeza que todos os seus intérpretes falam sob inspiração divina, eu acredito que seria prudente não permitir a ninguém o emprego das passagens das Escrituras de forma que venham a sustentar como verdadeiras algumas conclusões naturais, quando a experiência racional e necessária evidenciar o contrário (GALILEI, 1988, p. 20, [283, 284]).

Neste trecho, o critério de “experiências sensatas e demonstrações necessárias” é formulado em termos de “experiência racional e necessária”, indicando explicitamente que a ciência basta a si mesma também enquanto proveniente da razão. Esta faculdade teria primazia na descrição da natureza através de conclusões necessariamente demonstradas conforme as experiências racionais.

As necessárias demonstrações, juntamente com experiências racionais e sensatas, seriam suficientes para determinar as conclusões sobre a natureza, sendo por elas que se obteria o grau de certeza sobre o funcionamento da realidade física. Em resumo, com aqueles argumentos, Galileu trata da distinção das funções e finalidades da ciência e das Escrituras, respondendo, dessa forma, às dificuldades impostas pelos teólogos ao copernicanismo.

A ciência, de acordo com Galileu, deveria estar separada da teologia, pois, “a ciência matemática da natureza possui um método independente (autônomo) de aferir a verdade e de chegar a decisões racionais nas polêmicas acerca de questões naturais” (MARICONDA, Int., p. 32. In: GALILEI, 2011). Por isso, então, segundo Mariconda, “ela não precisa apoiar-se em nenhuma autoridade exterior a sua própria esfera de competência” (Ibid.). Mais adiante veremos como o critério de “experiências sensatas e demonstrações necessárias” determinaria a pesquisa científica para Galileu. Ainda conforme Mariconda,

a distinção clara entre ciência e fé, traçada de modo que o domínio científico fica separado do domínio moral e religioso, que a ciência é distinta e independente da moral, em suma, que existe uma distinção entre fato e valor; constitui um dos traços marcantes da cultura da modernidade (MARICONDA, Int., p. 30. In: GALILEI, 2011.).

Essa distinção entre fato e valor é afirmada por Mariconda como essencial para o pleito da autonomia da ciência, porque “a *autonomia* refere-se à carência (ou ausência) de um papel legítimo para os fatores *de fora* (*externos*) (tal como valores sociais, crenças religiosas e ideológicas e o ‘testemunho de autores’) para as práticas internas da metodologia científica” (MARICONDA; LACEY, 2001, p. 50). Desse modo, para Galileu, a ciência basta a si mesma, na medida em que seria produzida sob critérios independentes de valores (interferência externa). Seria justamente este outro fator que poderia caracterizar a Revolução Científica dos séculos XVI-XVII, a qual se faz também pela recusa da autoridade da tradição. Contudo, só a independência

em relação aos valores, embora possa reivindicar, não seria suficiente para assegurar a autonomia da ciência. Por isso, é necessário saber o que Galileu realmente queria dizer com “experiências sensatas e demonstrações necessárias”. Critério este, que está diretamente relacionado com a autossuficiência do método científico.

Na *Carta a Castelli*, Galileu também afirma que Deus não dotou o homem de razão para que seu uso fosse desprezado. Diz ele: “não penso que seja necessário acreditar que Deus que nos dotou de sentidos, de razão e de intelecto, tenha querido, desprezando o seu uso, dar-nos por outro qualquer meio as notícias que podemos obter através deles” (GALILEU, 1988, p. 20, [284]). Isto é, se Deus nos dotou com tais faculdades, então estas mesmas devem ser aproveitadas, tanto no entendimento da natureza, como também na interpretação correta das passagens escriturais. Com efeito, constata-se claramente neste trecho a defesa da autonomia da razão – o que está diretamente relacionado com a autonomia da ciência. Para Galileu, a razão é necessária e, mediante a experiência, suficiente para o entendimento da natureza. Portanto, não é necessário outro meio para tal entendimento. Nesse sentido, de acordo com Mariconda, “o que Galileu faz é reivindicar a suficiência do método científico para decidir acerca das questões naturais, para as quais se pode usar a experiência, o discurso e o intelecto, em suma, para as quais se pode empregar a razão natural” (MARICONDA, Int., p. 33. In: GALILEI, 2011). Considerando mais isso, conseqüentemente se torna ilegítima a autoridade das Escrituras nas questões naturais.

A autonomia da ciência não decorre apenas do fato de ser independente da teologia, isto é, por não poder ser submetida à fatores externos. Deve-se estabelecer um fundamento sobre o qual essa autonomia se assenta. É este fundamento que proponho apresentar com a explicação dos itens “experiências sensatas” e “demonstrações necessárias” do critério proposto por Galileu nos trechos supracitados da “Carta a Castelli”.

O que seriam “experiências sensatas”?

De acordo com Koyré, “a experimentação consiste em interrogar metodicamente a natureza. Essa interrogação pressupõe e implica uma *linguagem* na qual se formulam as

perguntas, como um dicionário nos permite ler e interpretar as respostas” (KOYRÉ, 1982, p. 154). Isto é, a experimentação não é simples experiência, mas experiência *sensata*, em que *sensatez* aqui significa saber interrogar e interpretar. Ora, o apontamento do telescópio para o céu por Galileu não foi por acaso, mas foi pensado previamente. Pois, ao ficar sabendo das notícias vindas de Flandres de um tal instrumento ótico, se apressou em confeccionar um para si, tendo em mente que tal capacidade ótica seria útil na observação do céu.

“Uma linguagem na qual se formulam as perguntas”, da qual Koyré se pronuncia, seria a linguagem matemática. Linguagem esta que Galileu dominava, visto que era professor desta disciplina nas universidades de Pisa e Pádua antes das descobertas astronômicas. Tais descobertas teriam sido interpretadas com base nesta linguagem. Nesse sentido, entende-se também que a experimentação decorre do entendimento do que vai ser experimentado. Isto é, a experimentação nunca é anterior à razão, pois é esta que determina como experimentar. Podemos compreender isso melhor com Kant, no prefácio da 2ª edição de sua *Crítica da Razão Pura*:

A razão, tendo por um lado os seus princípios, únicos a poderem dar aos fenômenos concordantes a autoridade de leis e, por outro, a experimentação, que imaginou segundo esses princípios, deve ir ao encontro da natureza, para ser por esta ensinada, é certo, mas não na qualidade de aluno que aceita tudo o que o mestre afirma, antes na de juiz investido nas suas funções, que obriga as testemunhas a responder aos quesitos que lhes apresenta (KANT, 2013, p. 18, [B XIII]).

Com isso, já podemos entender o que seria essencial para se realizar “experiências sensatas” critério do critério de Galileu: o conhecimento matemático.

A descoberta dos satélites de Júpiter relatadas no “*Sidereus Nuncius*” é um bom exemplo de “experiência sensata”. Foram ao todo 65 observações das posições dos satélites em torno de Júpiter. E é justamente o método de mostrar estas posições que configuram a *sensatez* da experiência. Com base em seus conhecimentos de ótica, Galileu soube controlar o procedimento na medida em que desenhou a primeira disposição observada dos astros. A partir disso, repetiu o mesmo procedimento 64 vezes até concluir que o fenômeno que avistava era uma evidência inquestionável de um “minissistema solar”. Do sistema jupiteriano, Galileu deduziu o sistema copernicano. Observar que Júpiter, juntamente com seus satélites orbitam o Sol no intervalo de doze anos, permitiria a compreensão de que a Terra, juntamente com a Lua, faz o mesmo no

intervalo de doze meses. Eis a razão de esta descoberta ser tomada por Galileu como a mais importante a ser relatada no “Sidereus Nuncius”. Pois, ela significava uma evidência para a possibilidade do sistema de Copérnico.

Segundo Koyré,

A ciência moderna havia nascido em estreito contato com a astronomia. Mais precisamente: ela tem sua origem na necessidade de se afrontarem as objeções físicas opostas por muitos sábios da época à astronomia copernicana (KOYRÉ, 1982, p. 187).

Tais objeções físicas foram refutadas, também, através da observação do céu mediante o telescópio. Observações estas que proporcionaram o conhecimento das causas dos fenômenos que se mostravam contrários à cosmologia tradicional.

Portanto, quando Galileu defendeu experiências sensatas como um dos itens do critério para sustentar a autonomia da ciência na “Carta a Castelli”, ele quis mostrar que esta autonomia se sustentaria na medida em que as conclusões da ciência se baseassem em interpretações matemáticas pautadas pela observação rigorosa.

Tendo compreendido o que são experiências sensatas, o significado de demonstrações necessárias fica mais fácil de entender. Ainda que os dois itens do critério de cientificidade de Galileu se fundamentam em procedimentos diferentes, tais itens só podem ser compreendidas satisfatoriamente um em relação ao outro. Pois, as demonstrações necessárias são operadas mediante as experiências sensatas. Segundo Mariconda, “o método científico consiste em geral numa combinação peculiar de experiência com raciocínio matemático” (MARICONDA, int., p. 32, Ibid.). Dessa forma, a conexão entre os itens do critério seria o “matematismo”.

O que seriam “demonstrações necessárias”?

Tentaremos explicar o que seriam “demonstrações necessárias” com base no “Tractatio de demonstratione”¹¹ (*TD*). Para isso, farei utilizarei o artigo “A revolução galileana: revolução metodológica ou teórica?”, de Maurice Clavelin¹² como apoio de leitura.

O *TD* é uma apropriação de Galileu dos “Analíticos Posteriores” de Aristóteles, escrito com base nos cursos de lógica do Collegio Romano. Ironicamente, a lógica aristotélica é o cânon pelo qual Galileu já realizava suas demonstrações em mecânica. É assim porque o problema de Galileu com Aristóteles não era com respeito ao *conhecimento científico* em si (com a natureza da demonstração e da definição) – inclusive, Galileu estava de acordo com Aristóteles sobre a *ciência* ser conhecimento demonstrativo. O problema de Galileu com Aristóteles seria sua *física*, a qual dependia de uma ontologia “qualitativa” e não “quantitativa”. Ou seja, quando Galileu se apoiava na filosofia tradicional era especialmente quanto à lógica, mas não na filosofia natural, que era baseada na física aristotélica. Dessa forma, deve-se entender que em certo sentido, Aristóteles e a própria escolástica foram também uma influência para o trabalho intelectual de Galileu.

¹¹ Segundo William Wallace, as principais fontes de Galileu foram outros manuscritos dos professores de lógica do Collegio Romano, entre eles, as notas de Vallius sobre esta mesma obra de Aristóteles, e o próprio Carbone, o qual foi suspeito de ter plagiado Vallius. Também o curso de Lorinus e inclusive a influência de Zabarella. Wallace também argumenta a respeito da data de redação deste manuscrito de Galileu, o qual, justificado por ele, foi escrito entre 1588 e 1592, quando Galileu ainda lecionava em Pisa. Em síntese, este manuscrito de Galileu (que na verdade é dividido em dois), tem como primeiro tema (ou parte) o tratamento da presciência e do conhecimento dos princípios. A segunda parte trata das demonstrações, sendo esta mesma, o que é importante para este artigo. Há outra tradução deste manuscrito feita por Carugo e Crombie (1983), mas que não tive acesso direto. Desta edição, li apenas os comentários citados por Clavelin em seu artigo “A revolução galileana: revolução metodológica ou teórica?”. Dessa forma, irei me utilizar da tradução de Wallace que tive acesso direto e dialogarei com a análise de Clavelin com base em Carugo e Crombie.

¹² É bom ressaltar que este artigo de Clavelin trata da questão de qual foi a real contribuição de Galileu para a ciência moderna. Segundo a conclusão de Clavelin, a revolução galileana não pode ter sido metodológica, pois o método utilizado por Galileu já se encontrava nos escolásticos, a saber, o método do regressus. Método este, que como Clavelin bem mostrou neste artigo, Galileu se valeu para demonstrar todas as suas conclusões científicas. No entanto, não quero entrar neste mérito. Meu objetivo com a análise do regressus não é para mostrar o caráter revolucionário de Galileu; mas sim, para definir o que é “ser necessário” com respeito a uma demonstração, o que está relacionado à autonomia da ciência que Galileu defendia. Dessa forma, analiso esse procedimento metodológico a luz de uma definição e não de uma consideração de originalidade por parte de Galileu, neste quesito. Ademais, veremos que tal originalidade de Galileu é constatada, na verdade, no nível conceitual, o qual, já adiantando, está vinculado à sua concepção ontológica de matematização da natureza.

O *TD* trata das demonstrações mediante uma estrutura argumentativa organizada em três “disputas”, as quais Galileu resolve formulando objeções e respostas para elas, a partir do que ele consegue explicar como funciona o procedimento científico. Considerando, então, a primeira disputa do *TD* ([D 1] *Sobre a natureza e importância da demonstração*) e a primeira questão ([D 1.1]¹³ *Sobre a definição de demonstração*), Galileu afirma que existem cinco tipos de demonstrações. Segundo ele,

[1] Note, primeiro: há muitas espécies de demonstração, como é evidente em Aristóteles neste livro, a saber: ostensivo; para o impossível; do fato; do fato racionado; e mais poderosa. Uma demonstração ostensiva é aquela que prova algo verdadeiro a partir de princípios verdadeiros. Uma demonstração do impossível é aquela que leva da concessão de uma impossibilidade a outra que é mais conhecida. Uma demonstração do fato é aquela que prova algo de um efeito ou de uma causa remota. Uma demonstração do fato racionado é aquela que demonstra um predicado de um sujeito através de princípios verdadeiros e apropriados. Uma demonstração mais poderosa é aquela que manifesta alguma propriedade primeira e universal de um assunto adequado através de princípios próprios e próximos; se alguma das condições anteriores estiver ausente, ela não será mais poderosa. Aqui eu não faço menção da divisão em universal e particular, afirmativa e negativa. O problema atual para nós diz respeito à demonstração do fato racionado e, especialmente, à demonstração mais poderosa (GALILEI, 1992, p. 127, [D.1.1.1]).

Note-se que Galileu indica cinco tipos de demonstrações com base em Aristóteles, tal como este apresenta em seus “Analíticos Posteriores”. Sendo dispensável parafrasear esta citação acima, afirmo apenas que se preste atenção em dois dos tipos de demonstrações expostas, a saber, a “demonstração do fato” e a “demonstração do fato racionado”. Para propósitos imediatos, estes são os dois tipos de demonstrações que importa para nós compreendermos as “demonstrações necessárias”. Principalmente, a demonstração do fato, a qual diz respeito às ciências naturais. Em síntese, de acordo com Wallace,

Os tipos de demonstração enumerados por Galileu em D 1.1.1 são cinco: os dois primeiros são tipos gerais, demonstração ostensiva e redução ao impossível, e os três restantes são tipos especiais, demonstração do fato (*quia*), demonstração do fato racionado (*propter quid*), e demonstração mais poderosa (*potissima*) (WALLACE, 1992, p. 158).

¹³ Sobre a notação da referência ao manuscrito *Tractatio de demonstratione* de Galileu: Disputa 1. Questão 1. Parágrafo 1.

Ou seja, os três últimos tipos de demonstrações são especiais porque podem ser convertidos uns aos outros. Veremos sucintamente como isso acontece. Wallace explica:

Cada um dos cinco tipos, observa Galileu, pode ser considerado como um tipo de discurso ilativo, isto é, como um processo argumentativo em curso no intelecto, ou como um instrumento de conhecimento científico, isto é, como uma demonstração necessária produtiva da ciência [D 1.1.2] (WALLACE, 1992, 158).

“Ilativo” significa intuitivo, pois ocorre no intelecto. Com efeito, o intelecto funcionaria de tal maneira que desempenharia o papel de causa eficiente, pela qual a demonstração se opera. O conhecimento científico seria causa final. Reiterando as definições de demonstração, no parágrafo [3] Galileu afirma o seguinte:

Duas definições de demonstração podem ser reunidas de Aristóteles neste livro: uma é que é um silogismo que produz ciência; o outro é um silogismo que consiste em premissas verdadeiras, primeiro, imediatas, mais conhecidas do que antes e causas da conclusão (GALILEI, 1992, p. 127, [D 1.1.3]).

Para Galileu, pelo silogismo se define dois tipos de demonstrações, em que a primeira vale para a demonstração do fato, *a posteriori* e a segunda vale para a demonstração do fato racionado, procedimento este que se realiza *a priori*. No “fato racionado”, as próprias premissas são as causas da conclusão. Para ilustrar, considere-se o seguinte: se A é B e se B é C, então A é C. Neste caso, a proposição conclusiva já está contida nas premissas, as quais teriam sua verdade afirmada imediatamente, pois o fato racionado seria demonstrado a partir de proposições verdadeiras indemonstráveis.

Posto isso, Galileu continua no parágrafo [5]:

Onde eu coloco “produzindo ciência”, isso deve ser entendido instrumentalmente¹⁴, porque a causa apropriada da ciência é o intelecto, ou dispositivamente¹⁵, porque a demonstração é um tipo de condição que é necessário conhecer cientificamente (GALILEI, 1992, p. 128, [D 1.1.5]).

¹⁴ É bom saber que este “instrumentalmente” não tem relação com o princípio metodológico do instrumentalismo.

¹⁵ Significa que prescreve. Denota necessidade.

Conhecer a cientificamente a demonstração significa defini-la, tal como Galileu procura fazer na disputa 1 do *TD*. Considerando que definir é mostrar as causas, portanto, deve-se mostrar as causas da demonstração.

É bom lembrar-se da “Carta a Castelli”, quando Galileu, minimizando o princípio de autoridade, afirma que o intelecto (conjuntamente com a experiência) já seria suficiente para concluir acerca dos assuntos naturais. Isso ocorre porque o intelecto seria a causa eficiente da ciência. Pois, segundo Galileu: “Aristóteles define a ciência através da demonstração como um efeito através de sua causa eficiente, e ele define demonstração através da ciência [como um fim] através de sua causa final” (GALILEI, 1992, p. 129, [D 1.2.10]). Sendo assim, a ciência enquanto um efeito do intelecto não deveria responder a fatores externos. Embora no final do século XVI Galileu ainda não esteja preocupado com a autonomia da ciência, é irônico ver que esta definição de “ciência” de Aristóteles estudada por Galileu pode ser utilizada para manter a ciência fora do domínio da tradição cosmológica.

Neste ponto, cabe aqui fazer a comparação daquela citação de Wallace sobre os cinco tipos de demonstrações com as considerações sobre o mesmo ponto feito pelos historiadores Carugo e Crombie apud Clavelin, em seu artigo aqui mencionado. Segundo estes comentadores, o *TD*

refere-se à demonstração científica que Galileu compreendia e analisava de acordo com a tradição tomista, ou seja, levado pela convicção de que é possível uma ciência da natureza. Ele distingue então dois tipos de demonstração. A demonstração *propter quid*, em primeiro lugar, na qual a causa e sua conexão necessária com o efeito são conhecidas previamente, e que conclui *a priori*; em segundo lugar, a *demonstratio quia* (“demonstração que”, também chamada *demonstratio signi* ou demonstração pelo signo) que, pelo contrário, procede *a posteriori* a partir dos efeitos e que, uma vez descoberta a causa adequada, permite também concluir de forma necessária. Essa segunda demonstração é certamente aquela que se encontra na filosofia natural (CARUGO e CROMBIE, 1983, p. 28-30, apud CLAVELIN, 1986, p. 40).

Ser tomista é ser aristotélico, com algumas ressalvas que não vem ao caso. De certo, o procedimento demonstrativo em filosofia natural deve ser a *demonstratio quia*, que seria a mesma coisa que a demonstração do fato, a qual parte dos efeitos (fatos) para as causas. Conforme o próprio Galileu, ele conclui na “terceira disputa”, que na verdade,

existem apenas duas espécies de demonstração, do fato e do fato racionado. [...], pois a demonstração do fato é verdadeira demonstração, [...], e a demonstração mais poderosa não difere da demonstração do fato racionado; portanto [existem apenas duas espécies] (GALILEI, 1992, p. 177, [D 3.1.13]).

Essa relação de indistinguibilidade entre as demonstrações mediante as premissas, expressa a característica especial que Wallace havia apontado anteriormente. Dessa forma, Galileu explica

A demonstração do fato racionado e a demonstração do fato são analogicamente iguais, porque o último e o primeiro procedem de premissas verdadeiras e necessárias, e porque a demonstração do fato tem as mesmas propriedades que a demonstração do fato racionado (GALILEI, 1992, p. 179, [D 3.2.1]).

Visto que a definição de “experiências sensatas” fala de interpretação de efeitos derivados de causas sabiamente conhecidas pela observação rigorosa, percebe-se o mesmo com a demonstração do fato. Partindo dos efeitos, chega-se ao conhecimento das causas de tais efeitos, pois a observação rigorosa diz respeito à observação do efeito (o fato). Logo, a conclusão que os conecta se segue necessariamente. Ademais, Galileu afirma: “pode acontecer que se conheça um efeito e, mesmo assim, não se conheça a causa e, conseqüentemente, se prove a existência da causa a partir da existência do efeito” (GALILEI, 1992, p. 182, [D 3.3.10]). Sobre isso, de acordo com Wallace, “no caso especial em que causa e efeito se tornam conversíveis, a demonstração do fato pode até preparar o caminho para a demonstração do fato racionado pelo que é chamado de regressão demonstrativa, explicado por Galileu em 03.3” (WALLACE, 1992, p. 160-161). Mais adiante, veremos que esse procedimento do regresso demonstrativo (*regressus demonstrativus*) é essencial para o caráter apodítico da ciência. Ainda conforme Wallace,

a regressão demonstrativa foi um tema favorito de discussão entre os aristotélicos paduanos e é considerado por muitos estudiosos como desempenhando um papel importante no desenvolvimento da metodologia da ciência moderna (Ibid., p. 181).

Como foi dito anteriormente, a lógica aristotélico-escolástica influenciou o desenvolvimento da ciência moderna. E mediante o exposto, já podemos compreender o que sustenta a necessidade da demonstração: a regra de inferência. Pois, uma conclusão necessária só poderia

ser obtida por uma regra de inferência. Segundo Clavelin, a *demonstratio quia* ou demonstração do fato se encaixa no seguinte esquema:

sejam p o efeito a explicar e q a causa percebida e proposta; o esquema da *demonstratio quia* é então claramente: se p (um efeito), então se $p \rightarrow q$ (a causa), então q . O ponto crucial é claro, é evidenciar uma conexão necessária entre a causa e o efeito, ou seja, tal que se o efeito está presente a causa não pode estar ausente e vice-versa – de tal modo que o esquema correto é finalmente este: se p , então se $p \leftrightarrow q$, então q . Galileu o diz muito bem em seu manuscrito: “Quinta condição: [é necessário] que a regressão demonstrativa ocorra entre termos convertíveis. Pois, se o efeito possuir uma extensão superior à da causa, o primeiro movimento progressivo [do efeito à causa] será impossível” (CARUGO e CROMBIE, 1983 apud CLAVELIN, 1986, p. 41).

Ou seja, se o efeito ocorre, então ocorre o efeito se, e somente se, a causa ocorre, então a causa ocorre. O conectivo bicondicional seria a conexão determinante na necessidade da conclusão. Melhor dizendo, este esquema de Clavelin mostra o regresso demonstrativo em termos semi-formais, pois em termos estritamente formais, temos a seguinte formalização em cálculo proposicional:

$$[p \rightarrow ((p \leftrightarrow q) \rightarrow q)]$$

Esta fórmula expressa uma tautológica, isto é, um argumento validado em todos os mundos possíveis. Dessa forma, o argumento é sempre verdadeiro, implicando, assim, que o *regressus* demonstra uma necessidade. Mas note-se a chamada “quinta condição” de Galileu: o bicondicional só pode ser usado quando o efeito possui a mesma extensão que a causa. Pois, caso contrário, não seria possível ir do efeito à causa. Isto é, é necessário que p e q sejam coextensivos para que a demonstração implique uma necessidade. Conforme Wallace,

Em vez de rotular isso como um *circulus*, os aristotélicos paduanos se referiam a ele como um *regressus*. Como o nome sugere, envolve argumentar a partir do efeito para a causa como o primeiro passo em uma progressão dupla, seguido por um segundo passo se movendo para trás na ordem inversa de causa para efeito (WALLACE, 1992, p. 184).

Infere-se, então, que, de acordo com Galileu, “segue-se que a regressão é circular num sentido impróprio, já que nela se avança de um efeito para o conhecimento material da causa, e depois do conhecimento formal da causa para a razão apropriada para o efeito.” (GALILEI,

1992, p. 183, [D 3.3.14]). Isto é, o *regressus* só pode ser operado sob esta condição, a qual, uma vez dada, a demonstração decorre necessariamente.

Mas qual a importância desta coextensividade entre a causa e o efeito para a ciência? O próprio Galileu pergunta: “Em que ciências pensamos que tal circularidade é útil?” E ele mesmo responde:

a progressão demonstrativa é útil para o aperfeiçoamento de todas as ciências, mas é mais frequentemente usada na física porque a maior parte das causas físicas é desconhecida para nós. Na matemática quase não tem utilidade, porque em tais disciplinas as causas são mais conhecidas tanto com respeito à natureza como com respeito a nós (Ibid., [D 3.3.13]).

Portanto, com respeito à física, isto é, aos assuntos naturais, o *regressus* é fundamental para a conclusão de proposições que afiguram os fatos causadores dos efeitos experimentados. Logo, o *regressus* é o procedimento lógico pelo qual a ciência natural conclui necessariamente, implicando assim que esta mesma seja autossuficiente.

Por conseguinte, de acordo com Clavelin, podemos observar a formulação do *regressus* no “Diálogo” (quarenta anos depois de seu tratamento no *TD*), exatamente na *Quarta Jornada*, na qual Galileu busca provar o movimento da Terra através do fluxo e refluxo das marés. Embora este argumento seja incorreto¹⁶ enquanto explicação das marés, ele pode ser considerado correto enquanto explicação do movimento da Terra pelas marés, o que é feito mediante o *regressus*. Dessa maneira, antes de uma explicação mais definitiva de tal procedimento, Galileu tendo Salviati¹⁷ como seu porta-voz sugere o seguinte:

Posto que nas questões naturais, das quais uma é esta que temos em mãos, o conhecimento dos efeitos é o que nos conduziu à investigação e à descoberta das causas, e sem ele caminharíamos às cegas,

¹⁶ Segundo Mariconda, “a partir do juízo unânime dos intérpretes de que a teoria das marés é falsa, desenvolveram-se duas linhas interpretativas divergentes quanto ao valor da Quarta Jornada no conjunto do “Diálogo”. A primeira despreza a Quarta Jornada, ao passo que critica Galileu. A segunda, pelo contrário, busca recuperar o valor científico da Quarta Jornada, na medida em que considera que Galileu não estava primariamente preocupado em explicar as marés, mas que sua teoria foi desenvolvida com o objetivo claro de provar que a Terra se move” (MARI-CONDA, apêndice, p. 840, in: GALILEI, 2011).

¹⁷ Entre as personagens do Diálogo, Salviati é quem representa o próprio Galileu. Além de Salviati, o “Diálogo” conta com mais dois personagens, Sagredo e Simplicio, os quais são interlocutores de Salviati. Por sua vez, o Salviati histórico foi um amigo e colaborador de Galileu.

ou até mais incertamente, porque não saberíamos onde queremos chegar, [...] é necessário o conhecimento dos efeitos dos quais procuramos as causas [...] (GALILEI, 2011, p. 494, [443]).

Referindo-se ao efeito do fluxo e refluxo do mar, Galileu expressa o princípio do *regressus*: “é necessário o conhecimento dos efeitos dos quais procuramos as causas”; causas estas, o movimento da Terra. Pois esta, enquanto um recipiente imóvel, não teria as águas do mar em constante fluxo. Assim, se ocorre o fluxo do mar (efeito), então ocorre o fluxo do mar se, e somente se, ocorre a causa (movimento duplo da Terra), então ocorre a causa. Fazendo o movimento “progressivo” (do efeito à causa) e “regressivo” (da causa ao efeito), infere-se que a Terra tem de se mover (movimento duplo), sendo isso, a causa do fluxo e refluxo da maré. Isso é basicamente o argumento de Galileu, o qual não cabe aqui ser citado na íntegra pela estrutura de sua formulação. Portanto, segundo Burstyn, “as marés são diferentes numa Terra movente do que seriam se a Terra estivesse estacionária e, portanto, pelo menos em princípio, as marés constituem uma prova do movimento da Terra” (BURSTYN, 1962, p. 165 apud MARICONDA, apêndice, p. 841, *Ibid.*).

Em outro trecho, Galileu apresenta a caracterização última do *regressus*:

Afirma, portanto, que se é verdade que de um único efeito somente uma é a causa primária, e que entre a causa e o efeito existe uma conexão firme e constante, é necessário que, toda vez que se veja uma alteração firme e constante no efeito, exista uma alteração firme e constante na causa (GALILEI, 2011, p. 521, [471]).

Tal caracterização coloca em evidência o critério de coextensividade entre a causa e o efeito, para que o *regressus* seja possível e a demonstração do fato se identifique com a demonstração do fato racionado e, dessa forma, implique uma conclusão necessária.

O *regressus* expressa a forma lógica das demonstrações da ciência natural, mostrando em que medida elas concluem necessariamente. Wallace argumenta que o *TD* foi redigido entre 1588 e 1592. Sendo assim, quando Galileu apresentou o critério das “experiências sensatas e demonstrações necessárias” na “Carta a Castelli”, ele já conhecia todo esse aparato lógico para lhe respaldar.

Portanto, pode-se dizer que a autonomia da ciência em relação aos fatores externos seria afirmada mediante a autossuficiência da ciência. Esta autossuficiência fica explícita como a definição de “demonstrações necessárias” através da lógica do *regressus*. A definição de “demonstração” explorada por Galileu expressa uma necessidade formal, isto é, a necessidade é assegurada pela forma do procedimento demonstrativo do *regressus*, a qual prescreve que a conclusão deve ser derivada necessariamente. Sendo tal conclusão, a proposição que afigura o fato causador do efeito experimentado. Assim, o critério de Galileu estaria fundamento no procedimento da própria forma da demonstração que já era utilizado na ciência natural. Logo, a autossuficiência da ciência seria assegurada pelo critério de “demonstrações necessárias” mediante o caráter apodítico da própria ciência.

A matematização da natureza como fundamento conceitual do critério de “experiências sensatas e demonstrações necessárias”

O núcleo comum entre os dois itens do critério de Galileu seria a matemática. É a própria concepção matemática da substância do mundo que, segundo Koyré, faz de Galileu o fundador da ciência moderna. Entretanto, não é nosso objetivo neste artigo defender esse mérito, mas sim, mostrar nesta seção como a matematização da natureza seria o fundamento conceitual da coerência interna do critério de “experiências sensatas e demonstrações necessárias”. Assim, segundo Koyré, “com Galileu, e depois de Galileu, presenciamos uma ruptura entre o mundo percebido pelos sentidos e o mundo real, ou seja, o mundo da ciência. Esse mundo real é a própria geometria materializada, a geometria realizada” (KOYRÉ, 1882, p. 55). Lembrando que o deslocamento da Terra do centro do universo por Copérnico também expressa esta ruptura com o mundo percebido pelos sentidos e o mundo real. Por exemplo, Copérnico concluiu que o movimento retrógrado dos planetas, na verdade era um movimento aparente. Pois, o que acontece de fato, é a ultrapassagem destes planetas pela Terra, enquanto esta realiza sua órbita em torno do Sol. Seria isto que causaria a aparência “errante” daqueles. Logo, o aparato ptolomaico de epiciclos e deferentes não era mais necessário.

Por um lado, o deslocamento da Terra do centro do universo expressa uma nova concepção ontológica do mundo (heliocêntrica). Por outro, conduz o pensamento a uma nova maneira de proceder, considerando que os fenômenos observados são de tal maneira em relação ao observador, o que implicaria uma nova epistemologia. Dessa forma, segundo Mariconda,

no plano científico, com Copérnico, o movimento do observador passa a ter uma função radical ou primitiva, de modo que “salvar as aparências” quer dizer agora restaurar sob as aparências os princípios da física que as explicam e que, portanto, tornam possíveis essas aparências (MARICONDA, int., p. 28, Ibid.)

E com base nisso, Galileu defendeu a matemática, pois só essa poderia desvelar a real estrutura do mundo, na medida em que salva as aparências de maneira *necessária*. Ou seja, salvar as aparências aqui não é condizente com o princípio instrumentalista que Clavius anunciou quando as descobertas do “Sidereus Nuncius” vieram a lume e que Bellarmino sentenciou para a hipótese copernicana. Na verdade, salvar as aparências é necessário¹⁸, mas não é suficiente. Suficiência esta, que só poderia ser obtida enquanto as aparências fossem concordantes com os princípios ontológicos estabelecidos pela “filosofia natural matematizada”.

No parágrafo 6 do “O ensaiador” Galileu apresenta seu famoso argumento dos “dois livros”. Eis o argumento:

A filosofia encontra-se escrita neste grande livro que continuamente se abre perante nossos olhos (isto é, o universo), que não se pode compreender antes de entender a língua e conhecer os caracteres com os quais está escrito. Ele está escrito em língua matemática, os caracteres são triângulos, circunferências e outras figuras geométricas, sem cujos meios é impossível entender humanamente as palavras; sem eles nós vagamos perdidos dentro de um obscuro labirinto (GALILEI, 1983, §6).

Com efeito, essa é a ontologia que Galileu defende. Para ele, a estrutura subjacente do mundo é tal que geométrica. Isso significa que o conhecimento desta estrutura possui um modo necessário de proceder. Sendo este modo necessário, o conhecimento matemático, pois os objetos dessa ciência são os mesmos objetos que constituiriam a ontologia do mundo. Dessa

¹⁸ Necessário aqui é no sentido de que é indispensável, e não no sentido demonstrativo, tal como vimos com a regressus. Distingue-se, então, o seguinte: “salvar as aparências é necessário” é diferente de “salvar as aparências de maneira necessária”. A primeira diz respeito à indispensabilidade de salvar as aparências; a segunda significa salvar as aparências necessariamente, não tendo outra maneira de fazê-lo.

forma, a ciência da natureza seria autônoma, porque se funda na matemática, e sendo esta, uma ciência tal que possui seus objetos próprios, e enquanto estes objetos são os mesmos que constituem a estrutura subjacente da realidade, a ciência que opera por estes mesmos objetos seria autossuficiente. Pois, seu campo de estudo, ao dizer respeito justamente aos elementos primeiros que constituem a realidade, implica que esta mesma ciência seja única e necessária para o conhecimento do mundo. É aqui que vemos a revolução galileana, a qual é a matematização da natureza: “a matematização (geometrização) da natureza e, por conseguinte, a matematização (geometrização) da ciência” (KOYRÉ, 1982, p. 155).

Um teólogo qualquer adversário de Galileu poderia perguntar assim: o que garante que o ser do mundo é geométrico (matemático)? Pois, uma hipótese metafísica não implica que esta mesma metafísica seja fundamentada. Tal como Mariconda alerta, “o sucesso de Galileu em explicar um âmbito de fenômenos interessantes com um léxico matemático não é suficiente para fundamentar a metafísica” (MARICONDA; LACEY, 2001, p. 63). No entanto, há como contornar essa questão e ainda manter a significatividade do critério através da hipótese do ser matemático da natureza. Com a posse do *regressus*, a hipótese metafísica poderia ser “demonstrada”. Conhecendo os efeitos, e sabendo que o efeito ocorre se, e somente se, a causa ocorre, então, com o “movimento progressivo” (do efeito à causa) chegar-se-ia à causa, a qual, considerando um efeito mecânico (ou dinâmico) qualquer, teria que ser reduzida a princípios geométricos. Pois, o efeito foi observado, experimentado e concluído com base em uma regularidade pela qual o efeito se mostra. Sendo tal regularidade possível apenas pelos princípios que lhe provocam, dado que a regularidade é a própria natureza da geometria. Nesse sentido, estes princípios que causam o efeito em questão só poderiam ser geométricos. Portanto, a hipótese metafísica de que o ser do mundo seria geométrico poder ser “demonstrada” e, logo, a significatividade metafísica do critério de Galileu se sustentaria.

Não obstante, essa concepção ontológica de Galileu também é proveniente de fatores intelectuais. Como mencionei anteriormente, o platonismo é a referência filosófica de Galileu. Com a revalorização das obras clássicas pelo renascimento, o neoplatonismo, sobretudo de influência agostiniana, foi fundamental para a formação intelectual de Galileu, de modo que, com

as leituras de Platão, ele pôde compreender a mecânica geometrizada. Segundo Koyré, “foi o platonismo (e, naturalmente, o pitagorismo) que inspirou a ciência matemática da natureza do século XVII (e seus métodos) e a opôs ao empirismo dos aristotélicos (e sua metodologia)” (KOYRÉ, 1982, p. 71). Ressalta-se que, essa metodologia que é impugnada pela ciência moderna não é o método da demonstração científica em si, mas a metodologia da filosofia natural tradicional. Tal como afirma Koyré, de acordo com Crombie,

quanto à ciência do século XVII, e à sua filosofia, não acarretaram eles, segundo Crombie, nenhuma modificação fundamental nos métodos científicos existentes. Apenas substituíram o procedimento qualitativo pelo procedimento quantitativo e adaptaram à pesquisa experimental um novo tipo de matemática (CROMBIE, p. 9-10 apud KOYRÉ, 1982, p. 58).

Como vimos, o *regressus* não é abandonado pela ciência matemática da natureza. Pelo contrário, tal procedimento prescreve a técnica lógica do método da ciência moderna. O que é abandonado, na verdade, é a epistemologia e o procedimento qualitativista aristotélico-escolástico, mas não a lógica aristotélica.

Prosseguindo, então, percebe-se que a antiga disputa sobre a ontologia entre Platão e Aristóteles teve palco no século XVII. Galileu, sendo um platônico, defendeu a autonomia da ciência em relação filosofia natural tradicional à luz da filosofia platônica. A geometrização do espaço, lhe garantiu a criação de um novo conceito de movimento¹⁹. De tal maneira que, para isso, a mecânica de Galileu teve que se basear em uma nova física, a qual precisou ser formulada com base em uma ontologia diferente da de Aristóteles, tal como constamos pelo argumento dos “dois livros”. Isto é, Galileu não mudou a física aristotélica, mas “bloqueou” ela, na medida em que mudou o mundo no qual ela operava. É bom ressaltar que, a ciência moderna nasce mediante a dissolução do cosmo aristotélico. Assim, segundo Koyré, “a dissolução do Cosmo significa a destruição de uma ideia, a ideia de um mundo de estrutura finita, hierarquicamente ordenado, de um mundo qualitativamente diferenciado do ponto de vista ontológico.” (KOYRÉ,

¹⁹ Este novo conceito de movimento está expresso no “argumento da torre” na Segunda Jornada do *Diálogo*. Segundo Galileu, o movimento tal como o repouso não tem causa, sendo dessa maneira um estado, no qual permanecerá. Por isso, a pedra lançada do alto da torre cai no pé dela, e não longe dela, como queriam seus adversários aristotélicos, caso a Terra se movesse. Com isso, Galileu expressa a noção física de movimento compartilhado, o que implica a concepção da relatividade do movimento. De fato, Galileu é um dos desenvolvedores da concepção de movimento inercial.

1982, p. 155). Para Aristóteles, o mundo era qualitativamente diferenciado, de tal modo não sendo possível um conhecimento da natureza que tivesse pretensões universalistas. Como afirma Koyré, tal é o “pensamento aristotélico: ‘Nas demonstrações relativas à natureza, diz ele, não se tem de procurar a exatidão matemática’” (KOYRÉ, 1982, p. 167). Conforme Aristóteles, a matemática não é necessária para o conhecimento da natureza, pois a ontologia desta não se identifica com características universais e de caráter infinito. Mas que o estudo da natureza devia se situar na “compreensão da essência dos fenômenos, a realidade em seus múltiplos movimentos, e não a explicação das leis que regem os conjuntos dos fenômenos independentemente da especificidade de cada um” (LEOPOLDO E SILVA, 2005, p. 43). Tal é a diferença do estudo da natureza entre Galileu e Aristóteles.

Para este último, não haveria uma forma ideal da natureza a partir da qual o conhecimento dela se basearia e, logo, não se deveria procurar a exatidão matemática. Este pensamento, evidentemente, não agradava Galileu. Para ele, muito pelo contrário, as demonstrações relativas à natureza só poderiam ser certas mediante o conhecimento matemático. Ou melhor, o conhecimento da natureza deveria ser necessariamente matemático, pois só este estaria de acordo com a forma ideal que a natureza possui. Sendo esta forma ideal, um mecanicismo geometrizado. Conforme Leopoldo e Silva, Galileu “despreza a consideração das essências qualitativas no estudo dos fenômenos naturais. A compreensão das essências é substituída pela visão das relações matemáticas que os fenômenos mantêm entre si” (LEOPOLDO E SILVA, 2005, p.44). É bom entender que a natureza ter uma forma ideal, de acordo com Galileu, não implica a existência de essências. Mas que ser ideal é ser universal, em que as leis são válidas para todos os fenômenos do universo enquanto este é um espaço geométrico. Ao contrário de Aristóteles, que considerava as essências qualitativas. Para este filósofo, estas não implicam universalidade, o universo seria absolutamente hierarquizado e diferenciado essencialmente.

Dessa forma, o cosmo hierarquizado de Aristóteles foi substituído pelo cosmo homogêneo de Galileu, o qual unificava as mecânicas sub e supralunar, passando a ser passíveis de submissão às mesmas leis. Segundo Koyré,

O que está em jogo, aqui, não é a certeza – nenhum aristotélico jamais pôs em dúvida a certeza das proposições ou demonstrações geométricas –, mas o Ser; nem mesmo o emprego das matemáticas na física – nenhum aristotélico jamais negou nosso direito de medir o que é mensurável e de contar o que é contável –, mas a estrutura da ciência e, portanto, a estrutura do Ser (KOYRÉ, 1982, p. 167).

Veja então que a estrutura da ciência é identificada com a estrutura do ser. Por isso, reitera-se que a autonomia da ciência perante os fatores externos se fundaria na determinação da substância do mundo. Indubitavelmente, para os modernos, a estrutura da ciência representaria a estrutura do mundo, ambas estariam proporcionalmente relacionadas. Por isso que o problema ontológico é tão fundamental.

Agora vejamos o argumento do parágrafo 48, quando Galileu faz a distinção das *qualidades primárias* e *secundárias*. Enquanto as qualidades secundárias são subjetivas – fruto dos sentidos, a saber, “cheiros, sabores, cores, etc, em relação ao sujeito onde nos parecem residir, não sendo outra coisa que puros nomes” (GALILEI, 1983, §48); as qualidades primárias são objetivas e necessárias:

concebendo uma matéria ou substância corpórea, como termo e aspecto daquela ou outra substância, grande ou pequena em relação a outras, colocada naquele ou neste lugar, naquele ou neste tempo, em movimento ou parada, em contato ou não com outro corpo, como sendo única ou poucas ou muitas, nem posso imaginá-la de forma alguma separada destas condições” (GALILEI, 1983, §48).

Isto é, as qualidades primárias seriam aquelas referentes à forma, figura, movimento e quantidade. Qualidades estas que constituem a estrutura subjacente da realidade, a qual só poderia ser conhecida pelo tratamento geométrico. As qualidades primárias são identificadas com os princípios primeiros, os quais são objetos matemáticos. Vale ressaltar que Descartes, ao fundamentar sistematicamente a epistemologia moderna, se vale dessa distinção de Galileu, atribuindo à *res extensa* (coisa extensa) estas qualidades primárias, deixando as secundárias com a subjetividade, “excluindo do âmbito da análise matemática fenômenos humanos importantes” (MARICONDA; LACEY, 2001, p. 63) tal como Galileu nos apresenta.

De certo, essa distinção das *qualidades primárias* e *secundárias* também poderia responder àquela possível objeção do teólogo adversário de Galileu sobre a possibilidade da hipótese metafísica. Mediante a observação do mundo, percebe-se que as coisas possuem certas

características físicas necessárias, como por exemplo, a figura (forma). E também a relação espacial de “estar ao lado de” ou “acima de”. Dessa forma, uma hipótese metafísica que considera o ser do mundo como sendo geométrico seria, de acordo com Galileu, algo que a experiência sensata nos ofereceria, pois todos os fenômenos físicos que percebemos cotidianamente poderiam ser reduzidos a processos geométricos. Concomitantemente, essa ideia de redução é fundamental para compreendermos o significado de “demonstrações necessárias” mediante uma perspectiva epistemológica. Não é vão que as perspectivas ontológica e epistemológica são entendidas juntas em Galileu. Para ele, o conhecimento científico se justifica na justa medida em que opera a partir do raciocínio matemático, pois só este é adequadamente justificável enquanto autossuficiente. Essa virtude do conhecimento matemático é, como vimos, proveniente de sua operacionalidade identificada como a estrutura do real, isto é, com o ser, segundo a argumentação de Galileu. Pois, isso é tal como está formulado na segunda disputa do *TD*: “como uma coisa está relacionada ao ser [por isso está relacionada ao conhecimento], e como é dependente de suas causas para o seu ser, ela também deve ser conhecida através delas”. (GALILEI, 1992, p. 142 [D 2.2.9]).

Paralelamente, as considerações de ordem epistemológica devem estar de acordo com a simplicidade, há “maior facilidade de entendimento e de operação com uma teoria que utiliza menos hipóteses ou hipóteses matematicamente mais simples” (MARICONDA; LACEY, 2001, p. 55). Segundo Mariconda, Galileu

opera entre a perspectiva realista (“nós não buscamos aquilo que Deus podia fazer, mas aquilo que ele fez”) e a concepção metafísica da simplicidade (“Ele tem sempre, no operar, os modos mais fáceis e simples” ou “Ele gosta da simplicidade e da facilidade”), que preside na ordenação real do mundo, a verdadeira disposição das partes do universo (MARICONDA; LACEY, 2001, p. 55)

Assim, a fundamentação epistemológica do critério de “experiências sensatas e demonstrações necessárias” seria, com efeito, a justificação do conhecimento matemático pela proporcionalidade com a ontologia. Dessa forma, fazendo-se indispensável citar a conclusão de Mariconda, infere-se que

a autonomia da ciência está, assim, assentada numa tese de suficiência do método científico para aferir a verdade das teorias naturais mediante um escrutínio crítico baseado em “experiências

sensíveis” e “demonstrações necessárias” (estas últimas identificadas por Galileu com o raciocínio demonstrativo matemático) (MARICONDA, Int., p. 32. In: GALILEI, 2011).

De acordo com Galileu, a ciência seria autônoma porque possui um método autossuficiente de assentir a verdade de suas proposições, ao mesmo tempo que concorda racionalmente com a estrutura subjacente da realidade.

Considerações finais

A partir de uma abordagem, ao mesmo tempo, conceitual e historiográfica, buscamos compreender o enunciado “experiências sensatas e demonstrações necessárias” que Galileu propôs como sendo o critério do seu conceito de “ciência da física”. Propomos uma definição de “experiências sensatas” em termos de interpretação racional e observação rigorosa. Quanto as “demonstrações necessárias” propomos explicar este item recorrendo ao significado de “necessidade lógica” através do procedimento do “regresso demonstrativo” aplicado especialmente aos fenômenos naturais.

Vimos que a ciência física de Galileu é, sobretudo, matemática. Que a experimentação e a demonstração estariam baseadas na matemática, seguindo o caminho da interpretação racional e da necessidade lógica. Portanto, para Galileu, o critério de “experiências sensatas e demonstrações necessárias” garantiria a autonomia da ciência porque, os princípios do conhecimento científico se identificariam com os princípios da natureza. Essa virtude do conhecimento matemático seria proveniente de sua adequação à própria estrutura do real.

Referências

- CLAVELIN, Maurice. *A revolução galileana: revolução metodológica ou teórica?* São Paulo: Unicamp, Cadernos de história e filosofia da ciência, vol. 9, série 1, 1986.
- GALILEI, G. Carta ao padre Benedetto Castelli. In: GALILEI, Galileu. *Ciência e fé*. Trad. Carlos A. R. do Nascimento. São Paulo: Nova Stella; Rio de Janeiro, MAST, 1988.
- _____. *Diálogo sobre os dois máximos sistemas de mundo ptolomaico e copernicano*. Trad. Pablo Mariconda. 3. ed. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia: Editora 34, 2011.
- _____. *O ensaiador*. São Paulo: Editora Nova Cultural, 2000.

- _____. *Sidereus Nuncius*. Trad. Henrique Leitão. 3ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 2010.
- KOYRÉ, A. *Estudos de história do pensamento científico*. Trad. Márcio Ramalho. Rio de Janeiro: Ed. Forense Universitária; Brasília: Ed. UNB, 1982.
- KANT, I. Prefácio à segunda edição. In: KANT, I. *Crítica da Razão Pura*. Lisboa: Calouste Gulbekian, 2013.
- KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. 2ª ed. São Paulo: Perspectiva, 1978.
- LEITÃO, H. Estudo introdutório. In: GALILEI, G. *Sidereus Nuncius*. Trad. Henrique Leitão. 3ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 2010.
- LEOPOLDO E SILVA, F. *Descartes: a metafísica da modernidade*. São Paulo: Ed. Moderna, 2005.
- MARICONDA, P. R.; LACEY, H. *A águia e os estorninhos: Galileu e a autonomia da ciência*. *Tempo Social*, 13, 1, p. 49-65, 2001.
- MARICONDA, P. Introdução: o Diálogo e a condenação. In: GALILEI, Galileu. *Diálogo sobre os dois máximos sistemas de mundo ptolomaico e copernicano*. Trad. Pablo Mariconda. 3. ed. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia: Editora 34, 2011.
- NASCIMENTO, C. A. R. Introdução. In: GALILEI, Galileu. *Ciência e fé*. Trad. Carlos A. R. do Nascimento. São Paulo: Nova Stella; Rio de Janeiro, MAST, 1988.
- ROSSI, P. *O nascimento da ciência moderna na Europa*. Bauru: Edusc, 2001.
- WALLACE, W. *Galileo's logic of discovery and proof. The background, content and use of his appropriated latin questions on Aristotle's Posterior analytics*. Dordrecht/Boston/Londres: Kluwer Academic Publishers, 1992 (Boston Studies in the Philosophy of Science, 137).
- _____. *Galileo's logical treatises. A translation, with note and a commentary, of his appropriated latin questions on Aristotle's Posterior analytics*. Dordrecht/Boston/Londres: Kluwer Academic Publishers, 1992 (Boston Studies in the Philosophy of Science, 138).

Recebido em: 01/06/2022

Aprovado em: 23/01/2023

Caio Bismarck Silva Xavier

Graduado e licenciado em História pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Atualmente é mestrando em Filosofia, na linha de pesquisa de Lógica e Filosofia da Linguagem pela Universidade Federal de Goiás.