

<https://doi.org/10.26512/pól.v8i16.26983>

Artigo recebido em: 20/03/2019

Artigo aprovado em: 10/05/2019

O PRINCÍPIO DA INÉRCIA É RELATIVAMENTE/FUNCIONALMENTE A PRIORI?

aspectos constitutivos do conhecimento científico e a teoria funcional do a priori

THE PRINCIPLE OF INERTIA IS RELATIVELY/FUNCTIONALLY A PRIORI?

constitutive aspects of scientific knowledge and the functional theory of the a priori

Jefferson Diello Huffermann¹

(jeferson.diello@gmail.com)

RESUMO: Neste artigo, busca-se uma reconstrução racional e apropriação crítica da caracterização feita a partir da teoria funcional do a priori de Arthur Pap (1943, 1944 & [1946] 1968) do status ou estatuto epistêmico do princípio da inércia. O principal objetivo é revitalizar o autor, que permaneceu marginal em um debate em relação ao qual sua obra se mostra fecunda. Para tal propósito, a teoria funcional do a priori é apresentada em linhas gerais e é apresentado também o debate em torno do qual se caracteriza o conhecimento dos princípios mais basilares das ciências naturais como relativamente/funcionalmente a priori. Após a apresentação de seu pano de fundo, o princípio da inércia é caracterizado a partir da concepção funcional do a priori de modo contextual: no contexto em que o princípio da inércia é tomado como critério para determinar o “movimento real” de objetos, a física newtoniana, ele é conhecido a priori. No sentido de condição de acesso cognitivo ou inteligibilidade, portanto, ele funciona como se fosse a priori (é constitutivo dos objetos conhecidos).

Palavras-chave: Filosofia da Ciência. A Priori Relativizado. Teoria Funcional do A Priori. Michael Friedman. Arthur Pap.

ABSTRACT: The aim of this article is to do a rational reconstruction and critical appropriation of the characterization of the status of the principle of inertia given by Arthur Pap's functional theory of the a priori (1943, 1944, [1946] 1968). The goal is to revitalize the author, someone who stayed overlooked in a debate in which his work shows itself to be fertile. We present the functional theory of the a priori in general lines, as well as the debate that characterizes the knowledge of the more basic principles of the natural sciences as functionally/relatively a priori. After some background, we characterize the principle of inertia in a contextual manner: in the context in which the principle of inertia is taken as a criterion to determine “real movements” of objects, the Newtonian physics, such principle is functionally a priori. In the sense of a condition to cognitive access or intelligibility, it functions as if were a priori (in other words, it is constitutive of the known objects).

Keywords: Philosophy of Science. Relativized A Priori. Functional Theory of the A Priori. Michael Friedman. Arthur Pap.

1. INTRODUÇÃO

¹ Doutorando em Filosofia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7682622970560086>.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8986-1912>.



Apesar de, em certo sentido, as leis do movimento da mecânica newtoniana terem sido substituídas pelas leis encontradas na teoria da relatividade, o século XX viu prosseguir um intenso debate acerca dos princípios do movimento propostos originalmente por Newton. Diferentemente dos debates anteriores, esse debate passa a se dar primariamente na literatura filosófica (STUMP, 2015). Uma das questões abordadas nele é como a primeira lei de Newton, o princípio da inércia, é um caso crucial para se compreender o processo de mudança conceitual na ciência (HANSON, 1965). O princípio da inércia tem um papel fundacional importante no desenvolvimento dos estudos científicos acerca do movimento. Entre outras coisas, nota-se a partir da adesão a ele uma mudança nos padrões de movimento considerados como aqueles que demandam explicação. O entendimento da mecânica newtoniana veio a exigir novas maneiras de se conceberem fenômenos. Certa leitura dessa mudança sugere que no processo histórico de compreensão do movimento há um ponto em que “movimento” se torna algo nem ao menos inteligível fisicamente se não é passível de construção geométrica.

Há do ponto de vista da discussão conceitual algum interesse em se compreender seu status ou estatuto epistêmico – o que autoriza, legitima, justifica ou torna racional asserir o princípio da inércia –, visto o papel desse princípio na caracterização do referencial inercial. Contemporaneamente, as leis de Newton podem ser entendidas como tendo a função de definir o referencial inercial (o referencial no qual, por definição, é válida a física newtoniana). Desse modo, o princípio da inércia constitui o referencial que, por sua vez, é uma ferramenta conceitual importante. No que diz respeito à adequação e à aplicação empírica, é digno de nota que o centro de massa do sistema solar é um referencial quase-inercial (muito próximo do referencial inercial). A preocupação acerca da correta caracterização do princípio é encontrada na bibliografia contemporânea em Stump (2015); em sua obra acerca do estatuto do conhecimento dos princípios gerais das teorias científicas, encontra-se a defesa de que o princípio da inércia tem um estatuto diferenciado de uma proposição empírica stricto sensu: ele seria mais apropriadamente caracterizado como pré-condição ou elemento constitutivo da ciência do movimento (STUMP, 2015). Tais considerações mostram a relevância de uma caracterização adequada do estatuto epistêmico do princípio da inércia, no que tange ao interesse de reconstruir a discussão sobre o estatuto concedido ao conhecimento dos princípios fundamentais das ciências naturais ocorrida no



último século, e na medida em que tal caracterização pode nos auxiliar na compreensão do estatuto a ser concedido ao princípio enquanto constitutivo da prática científica vigente.

Tendo isso em vista, este trabalho busca reconstruir a caracterização do estatuto epistêmico do princípio da inércia a partir da teoria funcional do a priori de Arthur Pap (1943, 1944 & [1946] 1968). De tal modo, o presente trabalho se encontra na intersecção entre filosofia da ciência e história da filosofia. Concordo parcialmente com aqueles que defendem o que veio a ser chamado de “síntese histórica” em filosofia da ciência – “nem um entendimento filosófico adequado, nem um entendimento histórico adequado da ciência podem ser alcançados sem se prestar particular atenção aos múltiplos modos pelos quais a filosofia e as ciências interagiram ao longo de nossa história intelectual” (FRIEDMAN, 2010, p. 572)². Espera-se que a análise desse caso particular (o princípio da inércia) seja elucidatória sobre a questão geral do estatuto do conhecimento dos princípios basilares.

Em linhas gerais, argumenta-se que para Arthur Pap princípios tais quais o princípio da inércia são regras constitutivas dos fenômenos que visam a explicar, de tal modo que a adesão a tais princípios é condição para sua inteligibilidade. Os princípios, uma vez fixados na base de um corpo coerente de conhecimento, passam a servir como critério para investigação futura. Um dos termos utilizados para se referir aos princípios é “convenção”, no intuito de defender que eles não são, em sentido estrito, proposições. Estaríamos autorizados a conferir assentimento aos princípios na base de teorias científicas por serem regras constitutivas dos fenômenos que visam a estudar, de tal modo que os fenômenos não seriam inteligíveis caso não aderíssemos a elas.

Para além de ser uma concepção que merece atenção por si só, a teoria funcional do a priori de Pap pode ser compreendida como ocasião em que se entrecruzam ideias advindas de distintas vertentes filosóficas, como o convencionalismo de H. Poincaré, o pragmatismo de C. I. Lewis e J. Dewey, o neokantismo de E. Cassirer e o pensamento de alguns integrantes do Círculo de Viena (principalmente Schlick, Carnap e Reichenbach). Todavia, a proposta de Pap foi apenas marginalmente considerada e encontra-se praticamente obliterada na história dessas discussões. Michael Friedman, na obra *Dynamics of reason* (2001), em nota de rodapé, considera-a de pouca importância por ser demasiado semelhante ao empirismo quineano:

Para Pap, ao fim e ao cabo, o que é funcionalmente a priori é simplesmente o que é especialmente bem confirmado ou estabelecido e, desse

² “Neither an adequate philosophical understanding nor an adequate historical understanding of science can be achieved without paying particular attention to the manifold ways in which philosophy and the sciences have interacted throughout our intellectual history.”



modo, a abordagem de Pap não é, em última instância, diferente do apelo de Quine ao entrincheiramento. (FRIEDMAN, 2001, nota 22, p. 88)³

Um dos objetivos deste artigo é destacar a especificidade da teoria funcional do a priori e reinseri-la no debate. Considera-se que a teoria funcional do a priori de Arthur Pap é uma das concepções que se encontram entre os dois extremos tradicionalmente estabelecidos na discussão acerca do estatuto do conhecimento a priori: a concepção kantiana de adesão absoluta ao a priori⁴ e a concepção mill-quineana de rejeição absoluta (PSILLOS & CRISTOPOULOU, 2009). Pode-se tratar a teoria funcional do a priori de Arthur Pap como uma perspectiva intermediária entre uma postura normativa e uma postura descritivo-normativa do empreendimento científico. Tratar-se-ia, assim, de uma proposta que se encontra entre pretensões normativas exacerbadas acerca da racionalidade científica e uma postura que privilegia a prática científica, de modo a buscar uma explicitação da racionalidade subjacente à mesma.

2. ASPECTOS CONSTITUTIVOS DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO COMO CASOS DE CONHECIMENTO A PRIORI

Críticas a Arthur Pap e seu uso de “a priori” são encontradas na literatura, visto que a expressão é utilizada para tratar do estatuto de princípios revisáveis e, em alguns casos, cuja origem é a experimentação empírica. Nesse ponto concordo com Stump: “Pap não quer discordar totalmente de Kant ao rejeitar contundentemente o a priori, dado que o papel constitutivo dos princípios fundamentais das teorias científicas é muito importante” (STUMP, 2011, p. 282)⁵. Uma característica crucial da teoria funcional do a priori é sua ênfase nos aspectos constitutivos do conhecimento científico. O que se entende a partir de Psillos & Cristopoulou (2009) é que tal ênfase é característica de certa abordagem do conhecimento científico que remonta à recepção da filosofia crítica. A teoria funcional do a priori se insere desse modo no grupo de teorias que atribuem um estatuto diferenciado ao conhecimento dos princípios das ciências naturais, concedendo que, ao contrário do conhecimento formal, trata-

³ “For Pap, in the end, what is functionally a priori is simply what is especially well confirmed or established, and, in this way, Pap’s approach is ultimately no different from Quine’s appeal to entrenchment.”

⁴ Psillos & Cristopoulou (2009) usam a expressão “o a priori”, que é considerada aqui sinônima de “conhecimento a priori”. O uso substantivado de “a priori” é comum na literatura.

⁵ “Pap does not want to break totally with Kant by rejecting the a priori outright, given that the constitutive role of the fundamental principles of scientific theories is too important to gloss over.”



se de um conhecimento revisável – um grupo de teorias do conhecimento a priori ditas alternativas (STUMP, 2015). As propostas têm em comum uma ênfase no carácter constitutivo que certos enunciados teóricos exibem ao determinarem domínios de investigação empírica, sendo desse modo também chamadas de constitutivistas (SHAFFER, 2009). É por essa razão que a teoria funcional do a priori de Arthur Pap é considerada uma das concepções que se encontram entre os dois extremos tradicionalmente estabelecidos na discussão acerca do estatuto de conhecimento a priori: a concepção kantiana, de adesão absoluta ao (conhecimento) a priori, e a concepção mill-quineana, de rejeição absoluta (PSILLOS & CRISTOPOULOU, 2009, p. 205). A distinção é demarcada do seguinte modo: a concepção kantiana é aquela na qual os princípios constitutivos dos objetos de conhecimento coincidem com os princípios apoditicamente válidos (fixos e não revisáveis); a concepção dita mil-quineana nega a legitimidade da distinção entre conteúdo empírico e elementos teoréticos constitutivos dos objetos de conhecimento e também nega princípios apoditicamente válidos.

Na tradição filosófica se institui uma terceira via, a partir da qual se defendeu tal distinção entre empírico e teorético ao mesmo tempo em que se reconheceu o carácter revisável de princípios constitutivos. Seriam autores dessa terceira via Poincaré, Carnap, Schlick e contemporaneamente Michael Friedman (2001, 2002, 2010, 2011a e 2011b) e David Stump (2003, 2009 e 2015). Michael Shaffer (2009) e David Stump (2015) contenciosamente incluem Kuhn na lista. A sugestão, obviamente, é inserir nessa lista Arthur Pap de maneira não contenciosa. A terceira via, como mostrado na Figura 1, difere tanto de Kant quanto de teóricos que poderiam ser caracterizados como parte de um “estereótipo racionalista” a partir do qual afirma-se que certas capacidades intelectuais nos garantem acesso a princípios apoditicamente válidos, irrevisáveis ou permanentes. Uma lista não problemática de membros dessa terceira via é esquematizada na Figura 1; do mesmo modo, é possível destacar os autores que negariam os dois sentidos de a priori, a saber, Quine e Mill.



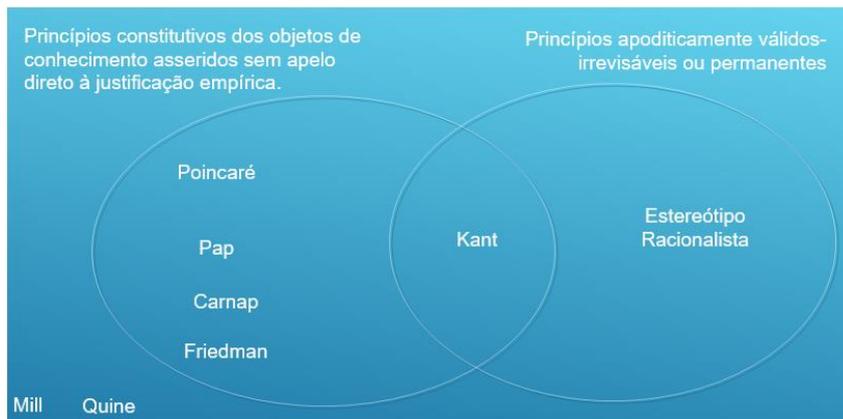


Figura 1 – Sentidos de “independente da experiência”: esquema feito a partir de Psillos & Cristopoulou (2009)

Contudo, cabe aos proponentes dessa terceira via caracterizar e apresentar razões em favor de tais princípios de estatuto diferenciado. Os princípios constitutivos dos objetos de conhecimento asseridos sem apelo direto à justificação empírica seriam aqueles que possibilitam que uma teoria possa ser precisa, adequadamente formulada e aplicada aos fenômenos empíricos. Eles tornam viável a formulação de certos enunciados legiformes que conectam teorias a dados e expectativas experimentais, possibilitando, então, a experimentação empírica rigorosa. Os princípios são desse modo constitutivos a priori ou funcionalmente a priori; eles vinculam de maneira unívoca certo conteúdo empírico a certa matriz teórica. Trata-se de uma maneira de compreender e explicar a legitimidade da distinção entre aspectos definicionais ou convencionais do conhecimento científico e aspectos factuais. Os aspectos convencionais, enquanto condições de acesso cognitivo (inteligibilidade, verificabilidade) a certas verdades empíricas, seriam de um estatuto diferenciado de tais verdades.

Richard Creath apresenta uma visão aclaradora da proposta comum a esses autores ao caracterizar o que, seguindo o vocabulário de Di Pierres (1992), denomina o constitutivo a priori⁶:

Despido ao essencial, a ideia é que nossas crenças recaem sob duas camadas. A primeira, chame-a de nível A, não é empiricamente testável de modo direto (para Kant, nunca) e desse modo é em algum sentido a priori. O outro nível, B, pressupõe o primeiro nível para sua inteligibilidade, identidade e possibilidade de teste. Nesse sentido, A constitui B e, já que as crenças de

⁶ A lista de teóricos que aderem à concepção constitutiva do (conhecimento) a priori incluiria, segundo Creath (2010), Kant, Carnap, Sellars, Kuhn, Laudan e Friedman. Incluir Arthur Pap nessa lista não é controverso – ao menos não tão controverso quanto a inserção de Thomas Kuhn e Larry Laudan.



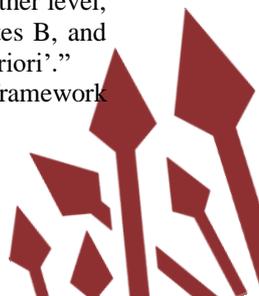
nível A são seguidamente denominadas a priori, a abordagem como um todo pode ser chamada “o constitutivo a priori”. (CREATH, 2010, p. 494)⁷

A teoria funcional do a priori de Arthur Pap é uma versão em que os níveis são articulados; algo que pertence ao nível B pode ser modificado de modo a se tornar algo pertencente ao nível A. Outra característica relevante é que o nível A é ele mesmo diverso e suscetível a graus. Arthur Pap quase não fez menção a crenças; entretanto, julga-se que a caracterização entre níveis A e B, salvas as devidas proporções, aplica-se à teoria proposta por ele. A partir da teoria funcional do a priori, seria correto afirmar que certos princípios são pressupostos para inteligibilidade, identidade e possibilidade de teste de outros princípios mais diretamente ligados à experimentação empírica. Diferentes autores são listados como tendo essa perspectiva acerca do conhecimento científico. Arthur Pap, ao contrário do que Friedman afirma, é um nome a ser adicionado a seu lado e não uma antecipação das ideias de Quine.

Retornando a Friedman, o contexto em que se insere o brevíssimo comentário no qual descarta alguma contribuição significativa na obra de Pap é o da caracterização do que denomina princípios constitutivos a priori ou princípios coordenativos (também chamados de princípios relativamente a priori). O neokantiano americano argumenta em favor da tese de que “o papel do que chamo os princípios constitutivamente a priori é prover o enquadramento no qual o teste de leis propriamente empíricas é então possível” (FRIEDMANN, 2001, p. 83)⁸. Os princípios a priori constitutivos seriam aqueles que determinam o que é possível a partir da perspectiva de certa teoria. São os princípios coordenativos que vinculam conceitos teóricos abstratos, no mais das vezes simbolismo matemático, a um conteúdo empírico. Ao se caracterizar o princípio da inércia como funcionalmente a priori, fica clara a similaridade entre as propostas de Friedman e Pap. Em ambos os autores o que se verifica é a rejeição de condições necessárias globais de acesso cognitivo a todo objeto possível da experiência; o que temos são condições locais de aplicação empírica de matriz teórica físico-matemática, critérios de identificação e modificação de fenômenos, sujeitas a dado momento histórico. É importante salientar que Friedman defende em textos mais recentes uma versão da tese defendida em *Dynamics of reason* (2001) dita mais histórica e moderada, afirmando que a

⁷ “Stripped to its essentials, the idea is that our beliefs fall into two tiers. One, call it the A-level, is not empirically tested in any straightforward way (for Kant, not at all) and so in some sense a priori. The other level, B, presupposes the first for its (B’s) intelligibility, identity, and testability. In this sense A constitutes B, and since the A-level beliefs are often called a priori, the whole approach can be called ‘the constitutive a priori.’”

⁸ “The role of what I am calling the constitutively a priori principles is to provide the necessary framework within which the testing of properly empirical laws is then possible.”



obra da virada do século é exageradamente vinculada às perspectivas de Schlick e Reichenbach sobre o conhecimento científico e comprometida, desnecessariamente, com uma compreensão formalista da matemática (FRIEDMAN, 2010). A diferença entre o que defende o autor de *Dynamics* e Friedman (2010, 2011a, 2011b) não é traçada de maneira satisfatoriamente clara. O autor não inequivocamente abandona uma distinção entre um nível A e um nível B, para usar o vocabulário de Creath. O que o autor parece fazer é rever a noção de meta-paradigma⁹ ou meta-estrutura presente na obra de 2001, evitar discussões mais diretamente epistemológicas e conseqüentemente não criticar de maneira enfática e direta o holismo quineano. De tal modo, Friedman não se apresenta mais como numa perspectiva teórica totalmente oposta à de Quine; o neokantiano talvez pudesse retornar a autores ditos demasiadamente similares ao holista e reconhecer a fecundidade de suas propostas.

Retornando a Pap e sua teoria: tendo sido ela exposta de maneira adequada, pode-se aproximar a teoria funcional do a priori de outras abordagens descritivo-normativas de práticas epistêmicas bem-sucedidas, tais quais a abordagem de Thomas Kuhn em *A estrutura das revoluções científicas* ([1962] 2012) e a abordagem de Nelson Goodman da prática indutiva em *Fact, fiction, and forecast* ([1956] 1983). Kuhn, ao discutir essa “virada histórica” anos depois da *Estrutura*, concede que sua abordagem não era hegemônica; entretanto, trata de recordar que não se encontrava sozinho, mencionando nomes consagrados como Paul Feyerabend, Russ Hanson, Mary Hesse, Michael Polanyi e Stephen Toulmin como exemplos de intelectuais de abordagem similar (KUHN, 2000). Pap pode ser lido como autor de transição entre essa “nova” filosofia da ciência desenvolvida por tais intelectuais e uma filosofia da ciência exageradamente normativa da prática científica mais comum na primeira metade do século XX.

3. A TEORIA FUNCIONAL DO A PRIORI E O PRINCÍPIO DA INÉRCIA

Na obra *The a priori in physical theory* ([1946] 1968), Pap trata especificamente do princípio da inércia. A obra é dividida em duas partes: uma exposição da teoria funcional do a priori e a posterior aplicação da mesma. A primeira parte é intitulada “The functional a

⁹ Princípios que cumprem a função dita indispensável de guiar a mudança de um paradigma científico a outro. Friedman afirma que o apelo inicial da teoria da relatividade de Einstein não teria sido nem empírico nem matemático, mas conceitual, ao relativizar os conceitos de tempo e simultaneidade (FRIEDMAN, 2001). Meta-paradigmas seriam novas concepções do que pode ser tomado como um entendimento coerente e racional da natureza.



priori”; nela, Pap apresenta sua concepção em linhas gerais e a partir de considerações oriundas do pragmatismo americano. A segunda parte da obra recebe o título “Application of the functional theory of the a priori to Newtonian mechanics”, na qual a mecânica newtoniana é tomada como objeto de um estudo de caso. Pap apresenta uma análise de procedimentos metodológicos da Física, dando ênfase ao carácter contrafactual e convencional, porém constitutivo, de suas leis ou princípios. De acordo com os propósitos aqui apresentados, a ênfase será dada ao início da segunda parte da tese de 1946, que trata da primeira lei da mecânica newtoniana. Contudo, para auxiliar a tarefa de revitalização da filosofia de Pap, levam-se em conta considerações acerca do princípio da inércia e do referencial inercial encontradas em bibliografia mais recente.

3.1 Modos de compreender a física newtoniana e o princípio da inércia

O físico e divulgador do conhecimento científico Brian Greene de maneira elegante resume a compreensão contemporânea da física newtoniana:

83

Apesar de a física newtoniana parecer capturar matematicamente muito do que experienciamos fisicamente, a realidade que descreve acaba por não ser a realidade do nosso mundo. A nossa é uma realidade relativista. Ainda assim, porque a diferença entre realidade clássica e relativista é manifesta somente sob condições extremas (tais quais velocidade e gravidade extremas), a física newtoniana ainda provê uma aproximação que se prova extremamente acurada e útil em muitas circunstâncias. Contudo, utilidade e realidade são padrões muito diferentes. (GREENE, 2004, p.10)¹⁰

A matriz teórica da qual o princípio da inércia faz parte serve a propósitos de aplicação empírica, mesmo que possa ser afirmado de maneira inequívoca que ela não é uma descrição da realidade. O ponto de interesse conceitual é caracterizá-lo de modo que isso possa ser mais claramente compreendido.

Assim como Hanson (1965), Arthur Pap entende que a análise conceitual relevante do que é expresso pelo princípio da inércia é um condicional: se um corpo qualquer não está sob a influência de forças externas inconstantes [*unbalanced*], em especial atrito e gravidade, então ele continuará em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme (PAP,

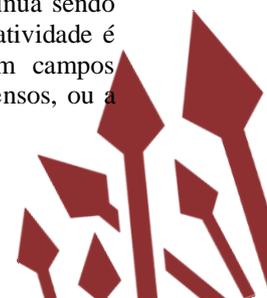
¹⁰ “Even though Newtonian physics seemed to capture mathematically much of what we experience physically, the reality it describes turns out not to be the reality of our world. Ours is a relativistic reality. Yet, because the deviation between classical and relativistic reality is manifest only under extreme conditions (such as extremes of speed and gravity), Newtonian physics still provides an approximation that proves extremely accurate and useful in many circumstances. But utility and reality are very different standards.”



[1946] 1968, p. 41-42; HANSON, 1965, p. 13). O que motivaria certa perplexidade que demanda clarificação filosófica é, ao se entender o princípio de modo mais descritivo, estar diante de uma descrição vazia – nenhum corpo estaria tal qual exigisse o antecedente do condicional, isolado de forças como atrito e gravidade. Portanto, uma dificuldade teórico-conceitual envolvida na adesão a ele é a aparente falta de um referente para a descrição. Stump (2015) e Friedman (2001) parecem concordar com a afirmação de que o princípio – tomado em conjunto com as demais leis da física newtoniana – descreve o “referencial inercial”. As leis de Newton são aquilo que define o referencial inercial, sendo essas leis elementos constitutivos da ciência ao fornecer o referencial para outras leis acerca do movimento, como a lei da gravitação universal¹¹ (STUMP, 2015, p. 119; FRIEDMAN, 2001, p. 36).

A explicação para o que seria o referencial inercial pode ser dada a partir das noções de repouso e movimento. Repouso e movimento são noções cuja atribuição varia de acordo com a perspectiva de um observador: para alguém no interior do vagão de um trem, a lâmpada que ilumina o vagão desse trem será provavelmente descrita como em repouso, mas, para alguém na plataforma de embarque, o trem, o vagão e a lâmpada que ilumina o vagão desse trem provavelmente seriam descritos como em movimento. Esse cenário pode ser novamente descrito utilizando-se a noção de referencial. Quando tomamos como referencial o observador dentro do vagão, o vagão, o trem e a lâmpada que ilumina o vagão desse trem estão em repouso e a plataforma de embarque está em movimento; já quando tomamos como referencial o observador na plataforma de embarque, o trem, o vagão e a lâmpada que ilumina o vagão desse trem estão em movimento. Analogamente, o referencial inercial seria o referencial em que o seguinte condicional é o caso: se um corpo não está sujeito a forças, então ele está ou parado (em repouso) ou se movendo em linha reta e em uma velocidade constante (está em movimento retilíneo uniforme). O centro de massa do sistema solar é um referencial quase-inercial, de modo que a partir da mecânica clássica é possível realizar predições acerca dele. Assim, é possível dar conta da utilidade do princípio. De acordo com Friedman (2001), as leis de Newton são o que conecta a estrutura matemática de uma teoria a suas características propriamente empíricas. Ao discutir, contra o holismo quineano, a relação entre mecânica newtoniana e física gravitacional, ele chega a afirmar:

¹¹ A lei é em certo sentido superada pela teoria da relatividade geral de Albert Einstein, mas continua sendo usada como uma excelente aproximação dos efeitos da gravidade na maioria das aplicações. A relatividade é necessária somente quando há uma necessidade de precisão extrema, ou quando se lida com campos gravitacionais muito fortes, como aqueles encontrados perto de objetos extremamente maciços e densos, ou a distâncias muito próximas (como a órbita de Mercúrio ao redor do Sol).



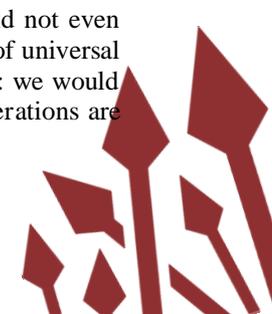
Segue-se que sem as leis da mecânica newtoniana a lei da gravitação universal nem mesmo faria sentido empiricamente, muito menos proporcionaria uma explicação correta de um fenômeno empírico. O conceito de aceleração universal que figura essencialmente nessa lei não teria sentido empírico ou aplicação: simplesmente não teríamos ideia de qual poderia ser o referencial relevante no qual tais acelerações são definidas. (FREIDMANN, 2001, p. 36)¹²

Parece-nos que a perspectiva adotada a partir da teoria funcional do a priori se assemelha às considerações de Friedman (2001) exemplificadas na citação anterior.

3.2 A teoria funcional do a priori aplicada ao princípio da inércia

Pap afirma que é um fato empírico que o princípio da inércia não é o caso devido à constante presença de atrito e à gravitação universal. O atrito a todo momento altera a magnitude do movimento de um corpo (diminuindo sua velocidade), e a gravidade altera a direção do movimento de um corpo de modo a não se dar de modo retilíneo. Obviamente, o autor estava ciente das possibilidades de experimentalmente reduzir o atrito a um mínimo, de modo a obter condições muito próximas daquelas idealizadas a partir do princípio. Com os (supostos) experimentos de Galileu com o plano inclinado, foi possível obter a redução do atrito; além disso, é possível observar objetos no espaço relativamente isolados, sem interação direta com qualquer outro corpo celeste, de tal modo a poder ser desconsiderada a atração gravitacional gerada por outros objetos. É importante também notar, como Pap (1943 & 1946) o faz, uma questão conceitual acerca da incapacidade de realização efetiva e atual do princípio da inércia: a lei não pode ser empiricamente estabelecida se o corpo que obedece a ela e o observador que a verifica são entidades distintas, visto que os corpos se afetariam mutuamente. Portanto, parece não ser possível observar um corpo cujo movimento é corretamente descrito pelo princípio, sendo nesse sentido não observável. A partir de tais considerações empíricas e conceituais, Pap afirma: “Movimento inercial é desse modo empiricamente impossível, e isso é o que isenta a lei da categoria de leis empíricas comuns”

¹² “It follows that without the Newtonian laws of mechanics the law of universal gravitation would not even make empirical sense, let alone give a correct account of the empirical phenomena. For the concept of universal acceleration that figures essentially in this law would then have no empirical meaning or application: we would simply have no idea what the relevant frame of reference might be in relation to which such accelerations are defined.”



(PAP, [1946] 1968, p. 42)¹³. É relevante atentar para o fato de que a posição adotada não é a de negar que se trata de uma lei empírica, mas sim de uma lei puramente conceitual ou a priori. Ela não pode ser compreendida como uma generalização indutiva a partir de experimentos (como a Lei de Hooke¹⁴ da mecânica de sólidos, por exemplo), tendo um estatuto diferenciado. Pap distingue o que considera o aspecto experimental (empírico) do convencional (uma matriz teórico-matemática) das leis da natureza: “se as leis fundamentais da natureza são analisadas com cuidado, será descoberto que elas não são nem puramente experimentais nem puramente convencionais, mas contêm ambos os aspectos” (PAP, [1946] 1968, p. 47)¹⁵. Acerca dos princípios da mecânica newtoniana, afirma-se que podem ser destacados tanto um carácter experimental ou factual quanto um carácter convencional ou definicional. Pap trata cada princípio da mecânica newtoniana de maneira independente, mas reconhece que conceitualmente estão fortemente interligados.

Na reflexão sobre o princípio da inércia apresentada são distinguidas leis primariamente descritivas de leis primariamente regulativas, sendo as leis da mecânica newtoniana exemplos de leis do segundo tipo, e a lei da gravitação universal, do primeiro. As leis do segundo tipo tornariam possível a articulação de leis do primeiro tipo: “Leis descritivas devem ser distinguidas de leis regulativas que nos informam como chegar a leis descritivas” (PAP, [1946] 1968, p. 48). Para além de considerações acerca de experimentos e adequação empírica¹⁶, a explicitação do estatuto do princípio em questão incorpora: (a) considerações acerca do desenvolvimento da ciência do movimento e da mudança da compreensão do movimento que é passível de explicação física; e (b) considerações sobre a coerência interna e estrutura conceitual da mecânica clássica.

Começando por (b): das três leis da mecânica clássica, a primeira e a segunda lei são especialmente interconectadas. Originalmente, a segunda lei estabelece que força é aquilo que

¹³ “Inertial motion is thus empirically impossible, and this is what exempts the law from the category of ordinary empirical laws.”

¹⁴ A Lei de Hooke é uma lei da mecânica de sólidos relacionada com a elasticidade de corpos, servindo para calcular a deformação causada a corpos proporcionalmente à força exercida sobre eles. A deformação de um sólido (por exemplo, de um arame) é proporcional à força aplicada sobre ele desde que o limite elástico do sólido não seja ultrapassado.

¹⁵ “If the fundamental laws of nature are analyzed with care, they will be found to be neither purely experimental nor purely conventional, but to contain both [aspects].”

¹⁶ Considerando-se a distinção entre ciência normal e revoluções científicas (posterior à publicação da tese de 1946), entende-se a peculiaridade do princípio da inércia: o que temos no caso da mecânica clássica é uma mudança de paradigma, um caso de revolução científica. A matriz disciplinar a partir da qual os movimentos dos corpos eram explicados (a teoria escolástica do ímpeto) gerava anomalias resolvidas pela mecânica clássica, que apresentava um exemplar (a explicação da trajetória dos projéteis) com muitas oportunidades de articulação e refinamento (ciência normal). Inclusive, o caso foi de interesse para Kuhn antes mesmo da publicação da *Estrutura* (1962), sendo a revolução copernicana a primeira revolução científica explorada pelo autor (KUHN, 1957).



muda o estado de um sistema físico, entendendo-se mudança de estado em termos de mudança de posição relativa a um referencial ou de quantidade de movimento linear. A segunda lei, de uma perspectiva contemporânea, é geralmente expressa pela equação $\vec{F} = m\vec{a}$. Entendido dessa modo, o princípio da inércia poderia ser tratado como um acarretamento ou caso-limite da mesma (PAP, [1946] 1968, p. 41). A segunda lei também é chamada de princípio fundamental da mecânica e é expressa no caso de sistemas de referencial inercial em que massa (sempre uma magnitude positiva) é uma constante. Nessa equação, \vec{F} é a força resultante aplicada, m é a massa do corpo e \vec{a} , sua aceleração; a força aplicada a um corpo produz uma aceleração diretamente proporcional. Na ausência de forças cinéticas, estaríamos no caso em que $\vec{F} = 0$ e a massa é constante, sendo a aceleração $\vec{a} = 0$. Aceleração \vec{a} é a mudança na velocidade de um corpo em magnitude (o que comumente chamamos de aceleração e desaceleração) ou direção. Sendo $\vec{a} = 0$, segue-se que se trata de um corpo em repouso ou de um corpo em movimento retilíneo uniforme, ou seja, sem alterações na magnitude ou direção de sua velocidade.

87 Ambas a primeira e a segunda leis formariam um método para a análise de movimentos a partir do qual leis com um carácter mais descritivo poderiam ser articuladas, sendo o exemplo apresentado a lei da gravitação universal. De tal modo, a tese defendida nos parece a seguinte: o princípio da inércia é primariamente regulativo de uma série de procedimentos, sem abrir mão de um aspecto descritivo. O aspecto descritivo dos princípios, em geral, é explicado na primeira parte de *The a priori in physical theory* quando os mesmos são considerados em conjunto, ao formarem uma rede conceitual que possibilita a confirmação de uns em função de outros: “Leis da física formam, assim, uma rede, de modo que sempre há leis *alternativas* para a medição de propriedades físicas” (PAP, [1946] 1968, p. 35)¹⁷. No caso do princípio da inércia, a “rede” relevante é o referencial inercial. Quanto ao assunto do avanço da explicação do movimento dos corpos de Galileu em relação à teoria escolástica do ímpeto, Pap trata dele empregando um vocabulário kantiano:

Em linguagem kantiana, [a lei da inércia] é sintética a priori no sentido de ser uma “condição constitutiva” da mecânica: o movimento somente é um objeto possível da mecânica se geometricamente construtível como uma curva cuja direção a cada ponto é determinada pela tangente [...]; e o

¹⁷ “Physical laws form, as it were, a network, in such a way that there are always *alternative* laws available for the measurement of physical properties.”



significado físico da tangente é somente movimento inercial. (PAP, [1946] 1968, p. 43-44)¹⁸

De que modo compreender essas novas condições de acesso cognitivo ao movimento enquanto objeto possível da mecânica? Examinando a história do desenvolvimento dessa ciência, pode-se constatar uma cada vez maior geometrização. Em contraste com a teoria escolástica do ímpeto, Galileu explicou o movimento dos corpos de modo ainda mais geométrico e menos dependente de pressuposições sobre características qualitativas que a de seus antecessores. A teoria do ímpeto buscava ser compatível com a metafísica aristotélica e usualmente encontrava problemas para adequadamente prever a trajetória de projéteis, especialmente de projéteis lançados de canhões por intermédio da pólvora. Os projéteis, ao serem lançados, iam do estado de “movimento violento” em linha reta, de acordo com o ângulo a partir do qual foram lançados, a um estado de “movimento natural” de queda vertical em linha reta, formando, desse modo, trajetórias quase-triangulares. As Figuras 2 e 3 mostram representações possíveis do movimento de projéteis a partir da teoria do ímpeto:

88

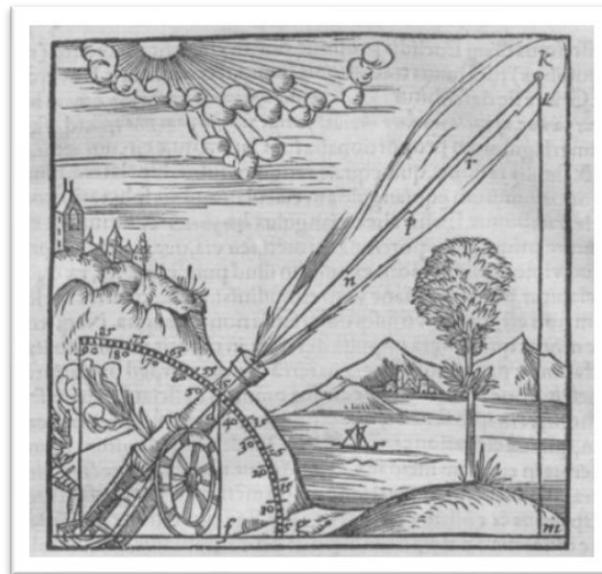
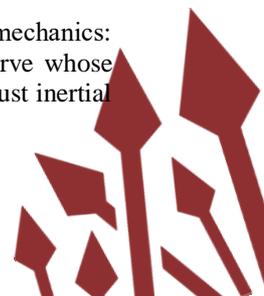


Figura 2 – Desenho de Santbech (1561) da teoria escolástica do ímpeto aplicada à trajetória de projéteis

¹⁸ “In Kantian language, it is synthetic a priori in the sense of being a “constitutive condition” of mechanics: motion is a possible object of mechanics only in so far as it is geometrically constructible as a curve whose direction at which point is determined by the tangent [...]; and the physical meaning of the tangent is just inertial motion.”



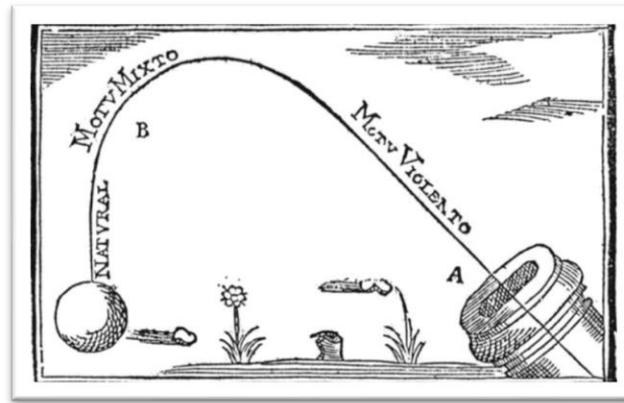


Figura 3 – Desenho de Collado (1592) do movimento de um projétil em termos de movimento violento, misto e natural

A teoria tinha como pressuposto que tudo o que se move é movido por algo, pressuposto desenvolvido a partir de certa leitura do livro VIII da *Física* de Aristóteles (BOCCALETTI, 2016). De tal modo, era necessário explicar como o projétil, após a força inicial do disparo, continuava a se mover em pleno ar, de modo a postular que o objeto era novamente impulsionado pelo ar ou no ar¹⁹, o que na Figura 2 seria representado pelos diferentes segmentos: n-p, p-r etc. Além disso, os diferentes movimentos eram qualitativamente distintos, sendo diferenciados a partir das noções de movimento natural e movimento violento: o movimento dos corpos em direção a seu lugar natural (movimento natural) e o movimento dos corpos contrário a seu lugar natural (movimento violento). O movimento misto (Figura 3) consistiria de movimentos ora naturais, ora violentos, a princípio redutíveis a uma série de segmentos de reta que formam a curvatura da figura quase-triangular. Além da dificuldade de se determinar onde na trajetória o projétil deixava de mover-se violentamente, um dogma que gerava dificuldades preditivas e discrepâncias observacionais era o de que os projéteis, ao moverem-se naturalmente, entravam em contato com o solo verticalmente. Da perspectiva de alguém que está próximo ao ponto de contato do projétil o mesmo parece cair na vertical; entretanto, de outras perspectivas nota-se a trajetória parabólica, de modo que a explicação nos termos da teoria do ímpeto gerava anomalias preditivas.

O grande apelo inicial da proposta de Galileu (sistematizada e aprimorada por Newton) era o tratamento da principal anomalia que surge no interior da teoria escolástica do ímpeto: a trajetória parabólica dos projéteis. O tratamento da principal anomalia é a

¹⁹ Havia diferentes versões da teoria do ímpeto. Para uma análise mais detalhada de suas peculiaridades e de sua relação com a mecânica a partir de Galileu, ver Boccaletti (2016, p. 25-59).

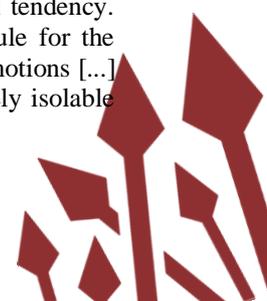


razão que norteia a cada vez maior geometrização do movimento. O fenômeno mecanicamente tratável de movimento passa, progressivamente, a contar com diferentes condições de acesso cognitivo. Nas palavras de Pap:

Mas Galileu viu uma maneira mais simples de explicar a trajetória parabólica dos projéteis, viz., sua construção geométrica, por sua resolução em dois componentes, o componente tangencial representando a tendência inercial de mover-se numa linha reta em velocidade constante, e o componente vertical representando a tendência gravitacional. A lei da inércia, originalmente estabelecida pela extrapolação a partir de experimentos, desse modo funciona como uma regra para a construção geométrica de movimentos reais [*actual motions*]. É uma afirmação sobre o componente hipotético de movimentos reais [...] nenhum componente pode ser dito *existir* fisicamente, a não ser que possa ser identificado como uma força física aproximadamente isolável, como a força da gravidade. (PAP, [1946] 1968, p. 43-44, grifo do autor)²⁰

90 A partir de Galileu, o movimento dos objetos físicos passou a ser tido como inteligível somente em termos de uma construção geométrica, de modo a se eliminarem da explicação considerações acerca de distinções qualitativas de movimento e o pressuposto de que algo é sempre movido por algo. O aspecto relevante do movimento dos corpos passa a ser as formas geométricas às quais ele corresponde. Primeiro, a partir dos experimentos de Galileu com o plano inclinado é possível conceber movimento inercial como um caso-limite ideal de movimento acelerado. Um corpo que descende num plano inclinado irá, em virtude da energia cinética adquirida no inferior do plano, ascender para a mesma altura a que caiu no plano simetricamente adjacente. Nos casos-limite, quando o ângulo de inclinação é zero, a velocidade do corpo se manterá constante a não ser pela resistência gerada pelo atrito.

²⁰ “But Galileo saw a simpler way of explaining the parabolic trajectory of projectiles, viz., its geometrical construction, by resolving it into two components, the tangential component representing the inertial tendency to move in a straight line with constant speed, and a vertical component representing the gravitational tendency. The law of inertia, originally established by extrapolation from experiment, thus functions as a rule for the geometric construction of actual motions. It is a statement about a hypothetical component of actual motions [...] no given component can be said to *exist* physically, unless it can be identified with an approximately isolable physical force, like the force of gravity.”



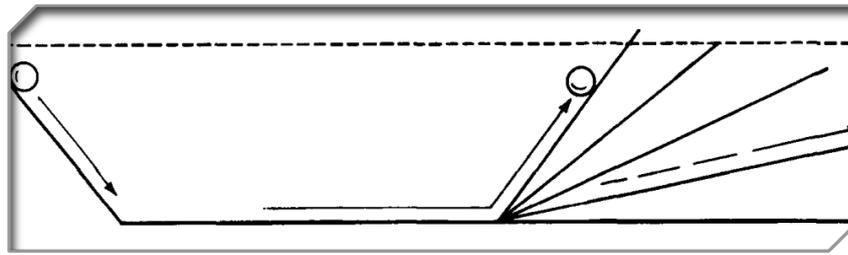


Figura 4 – Representação dos experimentos de Galileu com o plano inclinado

É possível explicar a trajetória de um projétil dividindo as forças agindo sobre ele em dois componentes: o atrito, agindo na direção oposta à trajetória inercial (trajetória que seria retilínea e uniforme, não fosse a ação de outras forças) do projétil, e a gravidade, agindo de modo ortogonal de modo a direcionar o projétil ao centro da Terra. Ambas as forças podem ser combinadas no produto vetorial desses dois vetores.

91

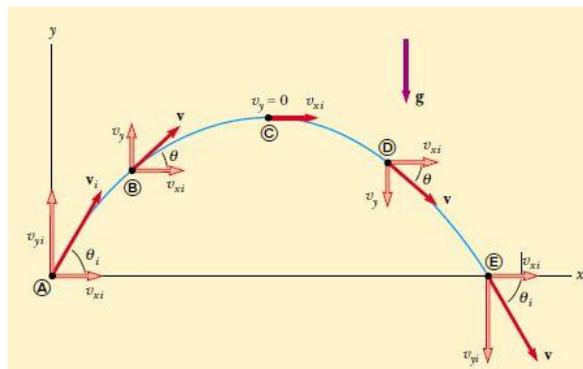


Figura 5 – Trajetória de um projétil explicada classicamente

Além disso, na mecânica newtoniana o centro de massa de um corpo é tomado como um ponto no sentido matemático. Todas essas modificações podem ser vistas como meras idealizações; o próprio caso-limite dos experimentos de Galileu com o plano inclinado é uma extrapolação a partir de experimentos, ou seja, uma situação contrafactual pensada a partir dos experimentos. Experimentos de pensamento físicos (ou na Física) são representações (cenários contrafactuais, representações imagéticas etc.) de cenários possíveis nos quais podem-se manipular variáveis. Nesses experimentos não há novos dados empíricos obtidos, mas é possível, ao se manipularem as variáveis em pensamento, extrair consequências (ou expectativas) sobre os fenômenos físicos do mundo atual. Na literatura encontram-se propostas que afirmam que certos experimentos de pensamento na Física de algum modo transcendem a experiência e auxiliam a captar características do mundo atual disponíveis somente por um acesso intelectual não mediado pela experiência.



Nesse sentido teríamos acesso a priori a verdades sobre o mundo. Espera-se que tenha ficado claro ao leitor que essa não é a posição defendida a partir da teoria funcional do a priori. Na verdade, essa posição estaria mais próxima do que denominamos “estereótipo racionalista”. Para o argumento explorado nesta seção, basta aceitar que a extrapolação discutida é um experimento de pensamento na acepção clarificada.²¹ Os desenvolvimentos posteriores em mecânica clássica são o refinamento desse processo de geometrização e compatibilização com o restante do corpo teórico que compõe o estudo físico do movimento.

O ponto importante é o seguinte: a mecânica newtoniana não poderia nem ao menos ser formulada ao se abrir mão de tal arcabouço matemático, sendo nesse sentido condição de acesso cognitivo. Esse arcabouço é condição para uma certa inteligibilidade dos fenômenos de movimento; estes são, desse modo, funcionalmente a priori ou, em linguagem kantiana, constitutivos. É a partir dessa perspectiva que o estatuto do princípio da inércia seria caracterizado: no contexto em que o princípio da inércia é tomado como critério para determinar o “movimento real” de objetos, a física newtoniana, ele é conhecido a priori. Ele funciona como critério para estabelecer, entre outras coisas, a ação de forças externas ao corpo sobre o mesmo e, de certa forma, estabelece que movimento retilíneo uniforme é o padrão a partir do qual movimentos desviantes seriam explicados por forças externas tais quais atrito e gravidade. No sentido de uma condição de acesso cognitivo ou inteligibilidade de certas formas de movimento, ele funciona como se fosse uma proposição a priori. Assim, pode-se entender o sentido a partir do qual certo ferramental conceitual, uma vez incorporado à mecânica, é ontológica²² e epistemologicamente primeiro em relação às alegações propriamente empíricas, tornando mais clara a afirmação de que são funcionalmente a priori.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

²¹ Para uma discussão acerca da taxonomia de experimentos de pensamento e seus usos nas ciências empíricas, ver Brown (1986 & 2004) e Norton (1993). Brown é um platonista que defende que alguns experimentos de pensamento transcendem a experiência, e Norton é um dos autores que questionam a taxonomia de Brown.

²² O constitutivismo é uma tese que versa sobre a identidade de alegações de conhecimento empírico, tratando-se, portanto, de uma tese com consequências metafísicas. Os princípios constitutivos versam sobre o que é o fenômeno a ser estudado; de tal modo, não é o caso de somente determinarem como conhecer um objeto de estudo, mas qual é o objeto de estudo, quais relações de similaridades devem ser destacadas, quais covariações devem ser identificadas para classificação de um evento como instância de um fenômeno estudado por determinada disciplina. No presente artigo, não serão extraídas e analisadas todas as consequências metafísicas da teoria funcional do a priori; tal tarefa vai além dos propósitos do texto. Desse modo, somente reconhecemos essa dimensão da proposta, pois ignorá-la levaria a uma leitura incompleta da mesma.



Os princípios que teriam um estatuto diferenciado (relativamente a priori para Friedman e funcionalmente a priori para Pap e, contenciosamente, Stump²³) têm a função de univocamente associar certos elementos teóricos a dados empíricos. A partir da teoria funcional do a priori, afirma-se que as leis da física formam um conjunto de alternativas a partir das quais é possível o rastreio de propriedades físicas, de modo que a medição de propriedades físicas pressupõe certos parâmetros de interpretação. As leis que funcionam como critérios para investigação futura podem ser originárias de experimentos, como a Lei de Hooke e a Lei de Boyle²⁴.

Destaca-se a partir da teoria um uso constitutivo de leis: um conjunto bem articulado de sentenças é condição para a cognoscibilidade de propriedades empíricas, pois, ao endossar os critérios, torna possível o rastreio de tais propriedades. Casos dúbios podem ser resolvidos por intermédio daquilo que há de mais seguro na teoria física, os resultados das ciências formais incorporados à mesma. O caso tratado para justificar essa posição é a lei da inércia, vista a partir de seu entendimento contemporâneo como parte da definição do referencial inercial. Pap afirma que, “se o a priori é caracterizado em termos funcionais, ele pode ser visto como suscetível a *graus*” (PAP, [1946] 1968, p. 4)²⁵. Da perspectiva da teoria física, tais prospectos – o sucesso em estabelecer novos resultados – são aquilo que autoriza a incorporação de princípios, o que inclui os resultados lógico-matemáticos incorporados à teoria física. No caso do progresso da mecânica, nota-se um processo de geometrização que exhibe uma característica comum com a pesquisa em ciências naturais – a adoção de métodos formais – e entende-se como a incorporação desses métodos auxilia o rastreio de propriedades empíricas.

Contudo, não se deve transpor a posição expressa em *The a priori in physical theory* sobre o estatuto de funcionalmente a priori dos resultados lógico-matemáticos incorporados à teoria física como uma caracterização do conhecimento lógico-matemático tomado em si mesmo. A teoria funcional do a priori é compatível com diferentes posições nos debates epistemológicos e metafísicos sobre a matemática, como nota Stump (2011). Averigua-se que

²³ A proposta autoral de Stump ao fim de sua obra de 2015 é uma versão ainda mais pragmática da noção de Pap de funcionalmente a priori.

²⁴ Uma lei da mecânica de fluídos. A partir dela se estabelece que a pressão absoluta e o volume de certa quantidade de gás confinado são inversamente proporcionais se a temperatura permanece constante em um sistema fechado. Em outras palavras, em um sistema no qual não há perda de energia ou outras interações causais relevantes e em que a temperatura é mantida constante, verifica-se que determinada massa de gás ocupa um volume inversamente proporcional a sua pressão.

²⁵ “If the a priori is characterized in functional terms, it may well be viewed as susceptible of *degrees*.”



a partir da teoria forma-se certa hierarquia de critérios constitutivos de inteligibilidade de fenômenos físicos: em grau menos elevado, há princípios cuja origem é a experimentação empírica, como a Lei de Hooke; em grau mais elevado, há os resultados lógico-matemáticos incorporados à teoria física de maneira profusa e amplamente aceita. Princípios como o da inércia seriam casos intermediários mais próximos do topo ou centro do que da periferia.

Um modo de compreender o processo revolucionário de mudanças entre teorias científicas, como o ocorrido na passagem da teoria escolástica do ímpeto à mecânica clássica e da mecânica clássica à teoria da relatividade²⁶, é que elas são mudanças ao menos em parte pragmaticamente motivadas. Vemos uma mudança desse tipo no caso da mecânica a partir de Galileu, quando este adota uma teoria que não distingue qualitativamente os movimentos em tipos, a qual torna desse modo muito mais passível de aplicação de métodos matemáticos sua compreensão do movimento. As mudanças de como se conceitua o mundo são feitas levando-se em consideração mais do que o interesse em ampliar a lista de verdades conhecidas. É falso que essa tese²⁷, compatível com a “virada histórica” já mencionada, acarreta que a mudança é arbitrária ou irracional.²⁸ Nota-se também uma dimensão conceitual não diretamente pragmática: esse processo de mudança é um em que se adotam ferramentas que possibilitam o rastreamento e manipulação mais precisa de propriedades empíricas, ao associar de maneira mais unívoca certas entidades abstratas a fenômenos empíricos.

Retomando o caso analisado e respondendo à pergunta que nomeia este artigo: se concordamos com Arthur Pap, o princípio da inércia é funcionalmente *a priori* no seguinte sentido: é condição de acesso cognitivo ou inteligibilidade de certas formas de movimento e é, desse modo, ontológica e epistemologicamente primeiro em relação às alegações mais propriamente empíricas, como a lei da gravitação universal.

²⁶ A qual de certo modo incorpora a mecânica clássica, dada sua capacidade de capturar matematicamente muito de nossa experiência física (GREENE, 2004).

²⁷ Segundo Bland (2011), também presente no positivismo lógico e no pragmatismo americano.

²⁸ A teoria de Pap também se mostra fecunda ao explicar a racionalidade científica de um ponto de vista constitutivista, podendo responder a críticos tais quais Shaffer (2009) no que se refere à questão de que a revisão de princípios ditos constitutivos seria irracional. Contudo, não examinaremos essa possibilidade de resgate da teoria funcional do *a priori*.



REFERÊNCIAS

BLAND, S. (2011) Schlick, conventionalism, and scientific revolutions. *Springer*, DOI 10.1007/s12136-011-0131-3.

BOCCALETTI, D. (2016) Galileo and the equations of motion. *Springer International Publishing*.

BROWN, J. R. (1986) Thought experiments since the Scientific Revolution. *International studies in the Philosophy of Science*, 1:1-15.

CREATH, R. (2010) The construction of reason: Kant, Carnap, Kuhn, and beyond. In: *Discourse on a new method: reinvigorating the marriage of history and philosophy of science*. M. Domski and M. Dickson (ed.). Chicago and La Salle, IL: Open Court. p. 493-509.

DIPIERRES, G. (1992) The constitutive a priori. *Canadian Journal of Philosophy* (supl.), v. 18, p. 179-214.

FRIEDMANN, M. (1999) *Reconsidering logical positivism*. Cambridge: Cambridge University Press.

_____. (2001) *Dynamics of reason: the 1999 Kant lectures at Stanford University*. Stanford: CSLI Publications.

_____. (2002) Kant, Kuhn and the rationality of science. *Philosophy of science*, v. 69, p. 171-190.

_____. (2010) Synthetic history reconsidered. In: *Discourse on a new method: reinvigorating the marriage of history and philosophy of science*. M. Domski and M. Dickson (ed.). Chicago and La Salle, IL: Open Court. p. 571-813.

_____. (2011a) Extending the dynamics of reason. In: *Erkenntnis*, v. 75, n. 3, p. 431-444.

_____. (2011b) Reconsidering the dynamics of reason: response to Ferrari, Mormann, Nordmann, and Uebel. In: *Studies in history and philosophy of science*, v. 43, p. 43-57.

GOODMAN, N. (1983) *Fact, fiction and forecast*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

GREENE, B. (2004) *The fabric of the cosmos: space, time, and the texture of reality*. New York, NY: Random House.

HANSON, N. R. (1965) Newton's First Law: a philosopher's door into Natural Philosophy. In: *Beyond the edge of certainty: essays in contemporary*



science and philosophy. R. G. Colodny (ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. p. 6-28.

HUFFERMANN, J. D. O estatuto epistêmico dos elementos constitutivos da ciência. In: *Anais da XVI Semana Acadêmica do PPG em Filosofia da PUCRS*. Porto Alegre: Editora Fi, 2016, v. 1, p. 210-229.

KEUPINK, A & SHIEH, S. (2006) *The limits of logical empiricism – selected papers of Arthur Pap*. Springer Netherlands: Synthese Library.

KUHN, T. S. (2000) *The road since structure: philosophical essays, 1970-1993, with an autobiographical interview*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

_____. (2012) *The structure of scientific revolutions, 50th anniversary edition*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

NORTON, J. D. (1993) Seeing the laws of nature. *Metascience*, 3:33-38.

PAP, A. (1943) On the meaning of necessity. *Journal of philosophy*, v. 40, n. 17, p. 449-458.

_____. (1944) The different kinds of a priori. *The philosophical review*, v. 50, n. 5, sept. 1944, p. 465-484.

_____. ([1946] 1968) *The a priori in physical theory*. New York: Russell & Russell.

PSILLOS & CHRISTOPOULOU. (2009) The a priori: between conventions and implicit definitions. Kompa, N.; Nimitz, Ch.; Suhm, Ch. (eds.). *The a priori and its role in philosophy*. Paderborn. p. 205-220.

QUINE, W. V. O. (1961) Two dogmas of empiricism. In: _____. *From a logical point of view*. Cambridge: Harvard University Press. p. 20-46.

_____. (1966) Truth by convention. In: _____. *The ways of paradox*. New York: Random House. p. 70-99.

SHAFFER, M. J. (2009) The constitutive a priori and epistemic justification. In: Kompa, N.; Nimitz, Ch.; Suhm, Ch. (eds.). *The a priori and its role in philosophy*. Paderborn. p. 193-209.

STUMP, D. (2003) Defending conventions as functionally a priori knowledge. *Philosophy of science*, v. 70 (December 2003), p. 1149-1160.

_____. (2009) A reconsideration of the status of Newton's Laws. Kompa, N.; Nimitz, Ch.; Suhm, Ch. (eds.). *The a priori and its role in philosophy*. Paderborn. p. 177-192.

_____. (2011) Arthur Pap's functional theory of the a priori. *HOPOS: the journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, v. 1 (fall), p. 273-289.



_____. (2015) *Conceptual change and the philosophy of science – alternative interpretations of the a priori*. New York: Routledge.

WALLEY, S. M. (2018) *Aristotle, projectiles and guns*. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/324182018_Aristotle_projectiles_and_guns>.

Acesso em: 22/02/2019.



AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de estudos, sem a qual a realização deste trabalho não seria possível.

