

SOBRE A ATUALIDADE DE KANT: APONTAMENTOS DE POSSÍVEIS RELAÇÕES ENTRE AS ANALOGIAS DA EXPERIÊNCIA E ALGUNS ASPECTOS DE TEORIAS CIENTÍFICAS HODIERNAMENTE ESTABELECIDAS

ON THE CURRENTNESS OF KANT: NOTES ON POSSIBLE RELATIONS BETWEEN THE ANALOGIES OF EXPERIENCE AND
SOME ASPECTS OF CURRENTLY ESTABLISHED SCIENTIFIC THEORIES

CRISTIANO RODRIGUES PEIXOTO

Universidade Federal de Uberlândia / FAPEMIG, BRASIL
cristianorope@gmail.com

Abstract. The objective of this article is to propose a confrontation of Kantian statements exposed in his text *Analogies of experience* with scientific theories largely accepted today. Thus, it is evaluated, even though in a brief way, the extent and the sustentation of the Kantian theses exposed in the referred text, taking as a basis for reflection important aspects of relativity, of thermodynamics and of quantum physics. Such an analysis reveals, on the one hand, that the aplicability of the first and of the third analogies of experience, which deal, respectively, with the categories of substance and of community, seems to be restricted just to the domain of objects of Newtonian physics, excluding the domains of relativity and of quantum physics; and, on the other hand, that the aplicability of the second analogy of experience, which refers to the category of causality, encounters difficulties not only in its application to the objects of thermodynamics, but also in its application to the objects of classical physics.

Keywords: analogies of experience • causality • quantum physics • relativity • thermodynamics

RECEIVED: 09/08/2021

REVISED: 13/04/2022

ACCEPTED: 17/06/2022

1. Introdução

O objetivo do presente trabalho é fazer um cotejo, mesmo que breve, das teses defendidas por Kant no texto das *Analogias da experiência*, contido na *Crítica da razão pura*, com aspectos relevantes de teorias científicas amplamente aceitas hoje em dia: a ausência da relação de identidade das partículas fundamentais na física quântica, tal como exposta por da Costa (1997); a noção de entropia na segunda lei da termodinâmica, tal como apresentada por Ben-Naim (2008) e por Rovelli (2018); e a constância da velocidade da luz na teoria da relatividade, tal como exposta por Einstein (2014) e por Rovelli (2018). A finalidade desse cotejo é utilizar esses aspectos das mencionadas teorias como uma espécie de ponto de decisão a partir do qual se



pode julgar a correção a respeito da validade universal das posições kantianas descritas nas *Analogias da experiência*.

Para cumprir esse objetivo, o presente trabalho, do ponto de vista de sua estruturação metodológica, se isenta de considerar como problemáticos os aspectos das teorias científicas a que faz referência, seja porque eles são largamente comprovados em diversos experimentos com rigor científico de alto nível, seja porque o campo onde esse tipo de consideração pode ser feito exige todo um aparato instrumental e teórico que é próprio dos cientistas que trabalham na linha de frente dessas áreas e que não é almejado aqui. Por esses motivos, tais aspectos são assumidos aqui como pontos de decisão seguros a partir dos quais se pode apreciar as conclusões às quais Kant chegou nas *Analogias da experiência*.

Ademais, e também do ponto de vista de sua estruturação metodológica, o presente trabalho passa por cima do amplo e fecundo debate filosófico presente no comentário especializado em torno das interpretações possíveis do texto das *Analogias da experiência*, limitando-se a citar pontualmente apenas breves passagens de Allison (2004) e de Paton (2008), as quais, em alguma medida, auxiliam na compreensão da temática a ser desenvolvida. Isso explica a exposição mais direta e não pormenorizada das três analogias da experiência de Kant aqui empreendidas.

O presente trabalho não é, portanto, uma exegese filosófica, em sentido estrito, do texto kantiano, nem uma investigação profunda acerca dos desdobramentos específicos das teorias científicas aqui admitidas, mas sim uma tentativa de avaliar o alcance, do ponto de vista da construção de alguns modelos científicos atuais, das posições kantianas apresentadas nas *Analogias da experiência*, notadamente das pretensões de validade objetiva universal dos princípios defendidos por Kant no referido texto. Em outras palavras, pretende-se avaliar aqui se os princípios que, segundo Kant, possuem validade universal de fato a possuem, o que será realizado a partir de uma análise que visa verificar se as mencionadas teorias científicas comportam esses princípios kantianos, o que parece não ser o caso, conforme será defendido ao longo deste trabalho.

Levando tudo isso em consideração, o presente trabalho apresenta uma tríplice divisão: na primeira delas expõe-se noções que auxiliam na compreensão da problemática de fundo das *Analogias da experiência*; na segunda, apresenta-se o texto de Kant propriamente dito; e, na terceira, faz-se o cotejo entre as posições kantianas e as teorias científicas às quais se tem acesso hoje.

2. Observações preliminares à leitura das *Analogias da experiência*

Há três elementos importantes que, se bem articulados entre si, servem como bons fios condutores para uma boa leitura do texto das *Analogias da experiência*. O pri-

meio desses elementos é o conceito de natureza. Com efeito, o esforço maior de Kant nas *Analogias da experiência* é no sentido de fundamentar, do ponto de vista da relação entre os fenômenos no tempo em geral, o conceito de natureza. Por isso, é interessante começar a análise desse texto a partir de tal conceito, o qual, de maneira bastante direta, Kant apresenta assim:

Por natureza (em sentido empírico), entendemos o encadeamento dos fenômenos [*Zusammenhang der Erscheinungen*], quanto à sua existência, segundo regras necessárias, isto é, segundo leis. Há pois certas leis e, precisamente, leis a priori, que, antes de mais, tornam possível uma natureza; as leis empíricas só podem acontecer e encontrar-se mediante a experiência, e como em consequência dessas leis originárias, segundo as quais apenas se torna possível a própria experiência (2010, p.236; *KrV*, A216, B263¹).

O ponto a se destacar na passagem citada diz respeito à condição para a constituição de uma natureza: o encadeamento dos fenômenos (*Zusammenhang der Erscheinungen*) de acordo com regras necessárias a priori. Seguindo seu método de filosofia transcendental, Kant tentará identificar, ao longo do texto das *Analogias da experiência*, as condições subjetivas na faculdade de conhecimento que fundamentam tal encadeamento dos fenômenos. Em outras palavras, o objetivo principal de Kant nesse texto é desvendar como o sujeito do conhecimento constitui uma natureza, no sentido acima exposto.

O segundo elemento que facilita a leitura do texto das *Analogias da experiência* é uma boa compreensão do duplo sentido que Kant dá ao conceito de experiência (*Erfahrung*). Logo no início do texto, num trecho que aparece apenas na edição B, Kant escreve:

Ora, é certo que, na experiência, as percepções se reportam umas às outras, de uma maneira apenas acidental, de modo que das próprias percepções não resulta nem pode resultar evidentemente a necessidade de sua ligação, porque a apreensão é apenas a reunião do diverso [*Zusammenstellung des Mannigfaltigen*] numa intuição empírica e nela não se encontra nenhuma representação de uma ligação necessária na existência dos fenômenos que ela junta no espaço e no tempo (2010, p.208; *Krv*, B219).

Essa passagem deixa claro que, num primeiro sentido, o conceito de experiência exprime apenas uma reunião na apreensão de percepções em relação meramente acidental umas com as outras. Essa maneira de explicar o que é a experiência é semelhante à maneira como Hume trata do assunto. Para Hume, com efeito, a experiência não dá em si nenhum sinal de que uma percepção deva sempre acompanhar outra percepção, nem de que uma percepção é causa da existência de outra. Todas as percepções, defende Hume, estão apenas ligadas contingencialmente umas às outras.

De acordo com essa constatação, Hume postula que não há algo como uma causalidade necessária, mas apenas uma crença injustificada, gerada pelo hábito, de que tal causalidade seja possível.

Em oposição a Hume, Kant constrói toda sua filosofia teórica a partir da constatação de que, enquanto ciência que determina objetos na experiência, a física newtoniana consegue apontar relações necessárias entre fenômenos. É evidente, pois, que Kant precisa ampliar a noção de experiência, sob pena de ter que enfrentar as mesmas dificuldades enfrentadas por Hume em relação à necessidade de algumas relações de causalidade. No texto das *Analogias da experiência*, Kant dá pistas dessa ampliação do sentido de experiência:

A experiência é um conhecimento empírico, isto é, um conhecimento que determina um objeto mediante percepções. É, pois, uma síntese das percepções, que não está contida na percepção, antes contém, numa consciência, a unidade sintética do seu diverso, unidade que constitui o essencial de um conhecimento dos *objetos* dos sentidos, isto é, da experiência (não simplesmente da intuição ou da sensação dos sentidos) (2010, p.208; *KrV*, B218, grifo do autor).

Um conceito chave para se entender bem o segundo sentido de experiência em Kant é o de objeto. Com efeito, o que separa os dois sentidos de experiência usados por Kant é a objetividade ou não das percepções. Em sentido mais fraco, Kant entende por experiência apenas a reunião subjetiva das percepções numa consciência em geral. Num sentido mais forte, Kant entende por experiência o encadeamento objetivo das percepções, isto é, um encadeamento que valha independentemente das meras ligações circunstanciais entre percepções na faculdade de conhecimento.

Por fim, o terceiro elemento que auxiliará numa boa compreensão das *Analogias da experiência* é o conceito de *Verknüpfung* (conexão). A certa altura da *Crítica da razão pura*, em uma nota de rodapé que aparece apenas em B, Kant define com clareza os tipos de ligação possíveis entre percepções:

Toda ligação [*Verbindung*] (*conjunctio*) é uma composição [*Zusammensetzung*] (*compositio*) ou uma conexão [*Verknüpfung*] (*nexus*). A primeira é uma síntese de elementos diversos que *não* pertencem *necessariamente uns aos outros*, como, por exemplo, os dois triângulos em que se decompõe um quadrado cortado pela diagonal e que, por si mesmos, não pertencem necessariamente um ao outro [...]. A segunda ligação (*nexus*) é a síntese de elementos diversos que pertencem *necessariamente uns aos outros*, como por exemplo, o acidente em relação a qualquer substância, ou o efeito em relação à causa e que, por conseguinte, embora *heterogêneos*, são representados como ligados *a priori*. Designo esta ligação por ligação dinâmica, pela razão de não ser arbitrária, pois diz respeito à ligação da *existência* de elementos diversos [...] (2010, p.197–198; *KrV*, B201, grifos do autor).

Como se nota pela leitura da passagem citada, Kant define *Verknüpfung* como uma conexão necessária entre elementos diversos entre si. Em sentido fraco, experiência é uma mera reunião do diverso (*Zusammenstellung des Mannigfaltigen*), reunião essa em si mesma arbitrária (porque meramente subjetiva) e contingente (sem conexão necessária entre as percepções). Em sentido forte, porém, experiência é uma *Verknüpfung*, isto é, uma conexão objetiva e necessária entre percepções. É nesse sentido que se deve entender o subtítulo das *Analogias da experiência*, tal como aparece na edição B: “A experiência só é possível pela representação de uma ligação [*Verknüpfung*] necessária das percepções” (Kant 2010, p.208; *Krv*, B218, grifos do autor).

3. As três analogias da experiência

Da articulação desses três elementos acima descritos (o conceito de natureza, o sentido forte de experiência e *Verknüpfung*) extrai-se uma boa chave de leitura das *Analogias da experiência*. Com efeito, a preocupação de Kant nesse texto sempre se volta para a passagem da reunião meramente acidental das percepções, realizada subjetivamente na síntese da imaginação (experiência em sentido fraco), para o encadeamento necessário dos fenômenos, válido objetivamente (experiência em sentido forte). É importante deixar claro que essa passagem da reunião subjetiva das percepções para o encadeamento objetivo dos fenômenos não se dá de maneira meramente linear, daquela para este, mas sim, por assim dizer, de maneira orgânica, de modo que aquela dá sustentação para este, que, por sua vez, dá sustentação para aquela. Allison explica bem isso ao dizer que

a ordem subjetiva não é um dado baseado no qual a mente deve de algum modo inferir ou construir uma ordem objetiva. Ela é, ao invés, o que restaria se (*per impossibile*) nós pudéssemos remover a estrutura determinada imposta sobre o sensivelmente dado (o diverso do sentido interno) pelo entendimento. Assim, o que Kant está tentando dizer é que, se tudo o que tivéssemos fosse essa ordem subjetiva indeterminada, nós não seríamos capazes de representar qualquer ordem temporal (objetiva ou subjetiva). O problema, então, é explicar como a consciência do tempo, isto é, a cognição de uma ordem temporal, é possível (2004, p.231, tradução nossa²)

Com efeito, Kant está interessado em apontar a condição transcendental que possibilita que haja conexão (*Verknüpfung*) entre os fenômenos, condição essa que deve fundamentar o conceito de uma natureza em geral. Isto é importante para Kant porque ele entende que conhecimento teórico, em sentido estrito, é conhecimento válido universal e necessariamente. Segundo Kant, portanto, estritamente falando, conhecimento teórico é conhecimento da natureza, nos termos acima descritos.

Qual é, porém, a condição transcendental de uma *Verknüpfung*? A seguinte passagem ajuda a responder essa pergunta:

Como, porém, a experiência é um conhecimento dos objetos mediante percepções e, conseqüentemente, não deverá ser nela representada a relação na existência do diverso, tal como se justapõe no tempo, mas tal como é objetivamente no tempo; e como o próprio tempo não pode ser percebido, assim também a determinação da existência dos objetos no tempo só pode surgir da sua ligação [*Verbindung*] no tempo em geral, isto é, mediante conceitos que os liguem *a priori* [*durch a priori verknüpfende Begriffe*]. Ora, como estes conceitos implicam, ao mesmo tempo, sempre a necessidade, a experiência só é possível por uma representação da ligação necessária [*eine Vorstellung der notwendigen Verknüpfung*] das percepções (Kant 2010, p.208–209; KrV, B219).

Há, argumenta Kant, conceitos *a priori* que, na medida em que determinam relações possíveis entre objetos no tempo em geral, seriam capazes de determinar uma conexão necessária entre percepções, constituindo assim o conjunto da experiência em sentido forte. Ora, do ponto de vista teórico, os conceitos necessários e *a priori* são as categorias do entendimento. Deve haver, portanto, na tábua das categorias, conceitos que sirvam para determinar os modos por meio dos quais os objetos podem se relacionar necessariamente uns com os outros no tempo em geral.

Os três modos do tempo são a *permanência*, a *sucessão* e a *simultaneidade*. Daqui provêm três regras de todas as relações de tempo dos fenômenos, segundo as quais a existência de cada um deles pode ser determinada em relação à unidade de todo o tempo, e essas três regras precedem toda a experiência e tornam-na possível (Kant 2010, p.209; KrV, A177, B219, grifos do autor).

As únicas categorias que estão de acordo com esses três modos do tempo descritos por Kant são as categorias da relação, a saber, as categorias da substância, da causalidade e da comunidade. Para cada uma dessas categorias, portanto, há uma analogia da experiência, isto é, uma condição transcendental que expressa um modo específico de determinação *a priori* de conexão (*Verknüpfung*) entre percepções no tempo em geral.

A primeira analogia da experiência refere-se ao modo do tempo da permanência e à categoria da substância. Os outros dois modos do tempo (a sucessão e a simultaneidade), defende Kant, só são representáveis sob a pressuposição de algo que permaneça invariável no tempo. Isso é assim porque, do ponto de vista da mera apreensão subjetiva (experiência em sentido fraco), todas as percepções aparecem à mente apenas sucessivamente, de modo que nada há nessa apreensão que objetivamente determine se o diverso dos fenômenos é de fato sucessivo ou simultâneo, o que inviabilizaria qualquer possibilidade de uma relação necessária entre percepções. Como o que está em jogo é a passagem da apreensão subjetiva das percepções para a conexão (*Verknüpfung*) necessária das percepções (experiência em sentido forte),

é preciso indicar um fundamento unicamente sobre o qual os modos de tempo da sucessão e da simultaneidade possam ser representáveis. Tal fundamento é a substância, substrato permanente de todas as alterações e mudanças dos objetos no tempo em geral.

A nossa *apreensão* do diverso do fenômeno é sempre sucessiva e, portanto, sempre mutável [*wechselnd*]. Nunca podemos, pois, só por ela, determinar se esse diverso, como objeto da experiência, é simultâneo ou sucessivo, se não tivermos algo por fundamento que seja *sempre*, isto é, algo de *permanente* e *duradouro* [*etwas Bleibendes und Beharrliches*], de que toda a mudança [*Wechsel*] e toda a simultaneidade sejam apenas outras tantas maneiras (modos de tempo) de existir o permanente [*Beharrliche*]. Só no permanente são, pois, possíveis relações de tempo (porque a simultaneidade e a sucessão são as únicas relações no tempo); isto é, o permanente é o *substrato* da representação empírica do próprio tempo e só nesse substrato é possível toda a determinação do tempo (Kant 2010, p.213–214; *KrV*, A182–183, B225–226, grifos do autor).

Para Kant, com efeito, além de assegurar a possibilidade dos outros modos de tempo (da sucessão e da simultaneidade), a substância também é condição indispensável para a objetividade dos fenômenos, na medida em que determina precisamente, no campo da experiência (em sentido forte), quais objetos permanecem a despeito das alterações de suas determinações ao longo do tempo. Para entender bem isso, é preciso recuperar a distinção feita por Kant entre mudança (*Veränderung*) e alteração (*Wechsel*).

Sobre esta permanência se funda, também, a legitimidade do conceito de *mudança* [*Veränderung*]. Nascer e morrer não são mudanças do que nasce e morre. Mudar é um modo de existir, que se sucede a outro modo de existir de um mesmo objeto. Por conseguinte, tudo o que muda é *permanente* e só o seu *estado se transforma* [*wechselt*]. E como essa mudança [*Wechsel*, alteração] atinge apenas as determinações que podem cessar ou começar, é-nos lícito dizer, em expressão que parece um tanto paradoxal, que só o permanente (a substância) muda [*wird verändert*]; o variável [*das Wandelbare*] não sofre qualquer mudança [*Veränderung*], apenas uma transformação [*Wechsel*], pois que algumas determinações cessam e outras começam (Kant 2010, p.216; *Krv*, A187, B230–231, grifos do autor).

Para que se constitua uma experiência em sentido forte e, por conseguinte, para que haja conhecimento (em sentido estrito) das relações dos fenômenos no tempo em geral, é preciso saber quais percepções, enquanto meras determinações de substâncias, se alteram (começam a existir ou cessam de existir) ao longo do tempo, e quais percepções, enquanto substrato de determinações diversas, permanecem invariáveis, embora mudem ao longo do tempo. O conceito *a priori* do entendimento

unicamente por meio do qual torna-se determinável no tempo em geral a relação entre o que permanece e aquilo que no permanente se altera é a categoria (e o esquema) da substância. Tal categoria é, portanto, o princípio que o ânimo aplica à experiência e que torna objetivas as relações entre percepções que permanecem e suas determinações.

A segunda analogia da experiência, por sua vez, refere-se ao modo de tempo da sucessão e à categoria da causalidade. Ela diz que “*Todas as mudanças [Veränderungen] acontecem de acordo com o princípio da ligação [Gesetze der Verknüpfung] de causa e efeito*” (Kant 2010, p.217; *KrV*, B232, grifos do autor). A primeira analogia, como exposto, determina a permanência de alguma percepção em relação às suas determinações que se alteram. A segunda analogia determina a relação dos fenômenos na sucessão, indicando quais fenômenos antecedem e quais sucedem outros fenômenos. Com efeito, na simples apreensão (experiência em sentido fraco) ficam indeterminadas quais percepções devem vir antes ou depois de quais percepções. Tanto é assim que é possível, por um exercício de imaginação, transpor e alterar a ordem das percepções no tempo.

[...] Pela simples percepção fica indeterminada a *relação objetiva* dos fenômenos que se sucedem uns aos outros. Para que esta relação seja conhecida de maneira determinada, a relação entre os dois estados [de coisas no tempo] tem de ser pensada de tal modo que, por ela, se determine necessariamente qual dos dois deve ser anterior e qual posterior e não vice-versa. Porém, o conceito, que implica uma necessidade de unidade sintética, só pode ser um conceito puro do entendimento, que não se encontra na percepção e é aqui o conceito da *relação de causa e efeito*, em que a causa determina o efeito no tempo, como sua consequência, e não como algo que simplesmente pudesse ter precedência na imaginação (ou, nem sequer fosse de modo algum percebido). Assim, pois, porque submetemos à lei da causalidade a sucessão dos fenômenos e, por conseguinte, toda a mudança [*Veränderung*], é que é possível a própria experiência, ou seja, o conhecimento empírico dos fenômenos; por consequência, não são eles próprios possíveis, como objetos da experiência, a não ser segundo essa lei (Kant 2010, p.218; *KrV*, B233–234, grifos do autor).

Para Kant, com efeito, aquilo que torna objetiva e necessária a relação de sucessão dos fenômenos no tempo em geral é a categoria (e o esquema) da causalidade. Tal categoria é o acréscimo do ânimo à experiência responsável por determinar a direção do tempo, determinando necessariamente uma ordem específica dos acontecimentos, a saber, a causa sempre antecede o efeito e o efeito sempre se sucede à causa. A categoria de causalidade não determina, porém, qual objeto particular da experiência antecede ou sucede qual outro objeto particular da experiência. Ela determina apenas que, no tempo em geral, há uma regra segundo a qual a causa antecede e determina o efeito, não o contrário.

Quando, pois, sabemos, pela experiência, que algo acontece, pressupomos sempre que alguma coisa antecede, à qual o acontecimento segue, segundo uma regra. Caso contrário, não diria do objeto que ele se segue, porque a simples sucessão, na minha apreensão, não sendo determinada por uma regra em relação a algo precedente, não legitima uma sucessão no objeto. Portanto, converto sempre em objetiva a minha síntese subjetiva (da apreensão), pela referência a uma regra, segundo a qual os fenômenos, na sua sucessão, isto é, tal como acontecem, são determinados pelo estado anterior, e unicamente com esse pressuposto é possível a experiência de algo que acontece (Kant 2010, p.222; *KrV*, A195, B240).

É, pois, apenas quando se submete os fenômenos à categoria da causalidade que eles passam a adquirir uma relação de necessidade no que diz respeito à sua sucessão no tempo em geral. A causalidade é, portanto, junto com a substância, condição transcendental da experiência (em sentido forte).

Finalmente, a terceira analogia da experiência refere-se ao modo de tempo da simultaneidade e à categoria da comunidade. O desafio aqui é encontrar um critério seguro que garanta a existência simultânea de dois ou mais objetos, isto é, que eles existam ao mesmo tempo.

As coisas são simultâneas, na medida em que existem num só e mesmo tempo. Em que se conhece que estão num só e mesmo tempo? Por ser indiferente a ordem na síntese da apreensão do diverso, isto é, poder partir de A e chegar a E, passando por B, C e D ou, inversamente, partir de E para A. Pois, se esta síntese fosse sucessiva no tempo (na ordem que começa em A e termina em E), seria impossível iniciar em E a apreensão na percepção e ir retrocedendo para A, porque A pertenceria ao tempo passado e não poderia, por conseguinte, ser um objeto da apreensão (Kant 2010, p.233; *KrV*, A211, B258).

Kant argumenta que a simples apreensão do diverso (experiência em sentido fraco) é sempre sucessiva, de modo que é impossível reconhecer, reportando-se apenas a ela, que dois ou mais objetos existam simultaneamente no tempo. Para que se garanta, então, uma conexão (*Verknüpfung*) objetiva entre os fenômenos, é preciso que o entendimento conceda à experiência um elemento capaz de objetivamente distinguir relações sucessivas de relações simultâneas. Tal elemento é a categoria (e o esquema) da comunidade.

Portanto, além da simples existência, deve haver algo, mercê do qual, A determina a B o seu lugar no tempo, e inversamente, por sua vez, B o determina a A, porque só sob essa condição tais substâncias podem ser representadas empiricamente como *existindo ao mesmo tempo*. Ora, o que determina no tempo o lugar de alguma coisa só pode ser a sua causa ou a das suas determinações. Assim, toda a substância (visto só poder ser consequência em

relação às suas determinações) deve pois conter a causalidade de certas determinações nas outras substâncias e, simultaneamente, os efeitos da causalidade das outras substâncias em si, isto é, todas têm de estar (mediata ou imediatamente) em comunidade dinâmica, para que a simultaneidade deva ser conhecida em qualquer experiência possível. Ora, em relação aos objetos da experiência, tudo isto é necessário, sem o que não seria possível a experiência desses mesmos objetos. Assim, todas as substâncias no fenômeno, na medida em que são simultâneas, têm necessariamente de encontrar-se em universal comunidade de ação recíproca (Kant 2010, p.233–234; *KrV*, A212–213, B259–260, grifos do autor).

Para Kant, então, o que garante objetivamente a simultaneidade dos fenômenos é a ação recíproca entre as substâncias, isto é, o fato de que uma substância é causa das alterações (*Wechsel*) das determinações em outra substância ou, o que dá no mesmo, causa das mudanças (*Veränderung*) em outras substâncias, ao mesmo tempo em que suas próprias determinações sofrem alterações causadas por outras substâncias ou, o que também dá no mesmo, ao mesmo tempo em que ela sofre mudanças por causa de outras substâncias. A categoria do entendimento correlata à ação recíproca entre as substâncias no campo da experiência é a categoria da comunidade. Somente quando o entendimento submete o diverso do fenômeno à categoria da comunidade é que nele se pode perceber uma relação objetiva de simultaneidade entre as substâncias no tempo.

De todo o exposto fica claro, então, que, segundo Kant, há conceitos *a priori* específicos que, quando aplicados ao conjunto da experiência possível, determinam a objetividade dos fenômenos no que diz respeito às suas relações possíveis no tempo em geral. Tais conceitos são as categorias da substância, da causalidade e da comunidade. As *Analogias da experiência* mostram que tais categorias são o fundamento, de um ponto de vista transcendental, da natureza (na acepção de uma experiência em sentido forte, de uma *Verknüpfung*) e, portanto, do conhecimento teórico e da ciência.

4. Sobre a atualidade das analogias da experiência de Kant

Uma maneira interessante de apreciar a contribuição kantiana no debate acerca dos modos possíveis de determinação objetiva do tempo na constituição do conhecimento por experiência é cotejá-la com algumas teorias e descobertas científicas às quais se tem acesso hodiernamente. Tal procedimento apresenta uma dupla vantagem: emula a própria maneira de construção da filosofia teórica kantiana, em debate direto com a física newtoniana, então já bem conhecida e estabelecida; e possibilita evidenciar alguns limites específicos dessa mesma filosofia, limites esses que não necessariamente colocam em xeque a genialidade do autor (que filosofou em conformidade

com a melhor ciência disponível em seu tempo), mas que marcam, por um lado, a falta de acesso de Kant àquilo que se sabe hoje em dia e, por outro lado, aquilo que aparenta ser uma pequena má compreensão de Kant sobre um aspecto específico da relação de causa e efeito, como ficará claro a seguir. Levando isso em consideração, propõe-se aqui três apontamentos sobre a atualidade das analogias da experiência de Kant.

O primeiro apontamento diz respeito à primeira analogia da experiência. Conforme exposto, Kant argumenta que é necessária a intervenção do entendimento para determinar, por meio da categoria de substância, quais objetos permanecem ao longo do tempo e podem servir de base para se conceber os modos de tempo da sucessão e da simultaneidade. Em *O conhecimento científico*, Newton da Costa parece corroborar tal posição kantiana:

Conceitos muito gerais, como os de coisa ou objeto, propriedade e relação, embora sugeridos pela experiência, foram elaborados por nós, e se mantêm em decorrência de sua utilidade teórica e prática [...]. Um dos argumentos a favor da tese que estamos defendendo é o seguinte: coisa, como empregamos a palavra, deve ser tal que, se *a* for uma coisa, então $a = a$, ou seja, *a* deve satisfazer a lei da identidade. Porém, as coisas (físicas) cambiam com o tempo, transformam-se. Um homem, por exemplo, modifica-se permanentemente durante toda sua vida. Como, então, pode ser idêntico a si mesmo? (1997, p.49, grifos do autor).

Pode-se considerar que o conceito kantiano de substância, tal como aparece na primeira analogia da experiência, e o conceito de coisa mencionado por da Costa são intercambiáveis entre si. Considera-se relevante aqui apenas o atributo da permanência ao longo do tempo, o qual traz como consequência a identidade da substância ou da coisa ao longo do tempo. O próprio Kant admite essa ligação entre a permanência da substância e a sua identidade quando diz, por exemplo, que “[...] o que unicamente pode representar a unidade do tempo, ou seja, a identidade do substrato [*die Identität des Substratum*], [é] entendido como aquilo em que somente toda a mudança encontra integral unidade” (2010, p.215; *KrV*, A186, B229), ou que “[...] o permanente, em relação ao qual somente todas as relações de tempo dos fenômenos podem ser determinadas, é a substância do fenômeno, isto é, o seu real, real que permanece sempre o mesmo [*immer dasselbe bleibt*] como substrato de toda mudança (2010, p.212; *KrV*, B225). Sendo assim, a posição de da Costa parece semelhante à de Kant, a saber, há um ganho teórico no emprego do conceito de coisa na construção do conhecimento científico.

Da Costa, porém, limita esse ganho do emprego do conceito de coisa a um domínio muito específico de objetos, a saber, ao domínio da física clássica newtoniana. Com efeito, “as partículas elementares, ao que tudo indica, não respeitam as leis que regem a relação de identidade; ou, melhor, tal relação, como diversos físicos notaram,

não se aplica a tais partículas” (COSTA, 1997, p.49). Para além do domínio da física newtoniana, a noção de identidade que fundamenta o conceito geral de coisa (ou de substância, no caso kantiano) passa a perder sua aplicabilidade. Citando Schrödinger, da Costa escreve:

Quando observamos uma partícula de certo tipo, por exemplo, um elétron, aqui e agora, é necessário considerar isso como *sucesso isolado*. Ainda que observemos uma partícula análoga pouco depois, em ponto próximo do primeiro e ainda que tenhamos todos os motivos para supor que entre a primeira e a segunda observação existe *conexão causal*, não tem sentido certo e exato a afirmação de que é a *mesma* partícula que observamos em ambos os casos. (Schrödinger 1952, p.24–5, apud Costa 1997, p.88, grifos do autor).

O advento da física quântica trouxe consigo uma espécie de esgotamento do alcance explicativo de aspectos lógicos e metodológicos estabelecidos desde o início do que se convencionou chamar de ciência moderna. Para superar tal dificuldade, os físicos precisaram lançar mão de sistemas lógicos não clássicos, mais adequados para explicar e descrever o comportamento de partículas elementares. Tendo em vista a inadequação entre o princípio de identidade e alguns objetos da física quântica, os físicos recorreram à lógica não-reflexiva, que pode abrir mão do princípio de identidade, para criar modelos de explicação mais adequados às observações do comportamento desses objetos. Sobre isso, da Costa escreve:

A física clássica permitia a reidentificação de partículas ou corpos quaisquer, que era, em teoria, sempre exequível. Em física quântica, tal suposição não parece razoável. Todas essas questões são ventiladas na lógica não-reflexiva. Em particular, sistemas lógicos nos quais a igualdade [ou identidade] é restringida à categoria dos objetos macroscópicos foram desenvolvidos (lógica de Schrödinger) (1997, p.90).

Essas considerações permitem uma análise interessante da primeira analogia da experiência de Kant. Tendo em vista o que se sabe hoje, a categoria da substância só pode servir para determinar a permanência ao longo do tempo de objetos macroscópicos, entendidos aqui como os domínios de objetos da experiência cujos modelos de explicação baseiam-se na física clássica. Levando isso em consideração, é possível identificar um limite claro ao alcance da filosofia transcendental kantiana: no que diz respeito especificamente aos objetos da física quântica, a primeira analogia da experiência perde sua aplicação.

É claro que Kant não poderia prever a descoberta de uma área totalmente nova e diversa da física. Ele teve o ímpeto de descrever maneiras de determinação da totalidade do campo objetivo teórico, mas propunha que esse campo estaria limitado a um domínio específico (o da física clássica), o que se sabe não ser verdade hoje em dia. Com isso, no entanto, não se prova que a filosofia transcendental kantiana

está errada. Nem sequer se prova, para ser ainda mais específico, que a primeira analogia da experiência está completamente errada, afinal ela ainda tem algum poder de explicação sobre domínios específicos de objetos. O que se prova é que não há universalidade na aplicação dessa analogia, pois ela não pode se aplicar ao domínio da física quântica.

O segundo apontamento diz respeito à segunda analogia da experiência. Como visto, Kant defende a necessidade de que o entendimento aplique a regra geral da causalidade para ordenar objetivamente a sucessão dos fenômenos, determinando assim que os objetos que são causas devem necessariamente preceder os objetos que são efeitos na ordem do tempo. Embora possa não haver motivos para duvidar dessa conclusão, a qual parece inclusive ser pressuposta em todo empreendimento científico, há uma boa razão para se questionar se apenas essa relação de anterioridade da causa em relação ao efeito é suficiente para determinar objetivamente a ordem da sucessão temporal. Para entender isso, é preciso distinguir processos físicos temporalmente reversíveis de processos físicos temporalmente irreversíveis.

Um processo físico é temporalmente reversível quando a direção do tempo não é determinante para a relação dos objetos entre si. Considere-se um corpo A, com massa m e velocidade v , que, viajando em movimento retilíneo uniforme sobre uma superfície perfeitamente plana e sem atrito, se choca com um corpo B, originariamente em repouso em relação ao corpo A. Supondo que o corpo B possua a mesma massa m do corpo A e que a velocidade do corpo A após o choque seja reduzida a zero, o corpo B ganhará a velocidade inicial v do corpo A e se porá em movimento em relação ao corpo A, o qual permanecerá em repouso em relação ao corpo B. Nesse esboço, verifica-se, por um lado, que o corpo A foi a causa do movimento do corpo B e, por outro lado, que essa relação de causalidade entre os dois corpos, nas condições ideais imaginadas no exemplo citado, pode ser rigorosamente descrita nos termos próprios da física clássica newtoniana. Considere-se, agora, o mesmo processo descrito acima, mas na ordem reversa do tempo. Inicialmente, o corpo B estaria em movimento retilíneo uniforme em relação ao corpo A, em seguida se chocaria com o corpo A, e finalmente permaneceria em repouso em relação ao corpo A, o qual, por sua vez, viajaria em movimento retilíneo uniforme em relação ao corpo B. Nesse caso, também se verifica tanto que o corpo B é a causa do movimento do corpo A quanto que essa relação de causalidade pode ser descrita em termos da física clássica newtoniana. Nos dois exemplos, a causa precedeu o efeito. Porém, essa precedência da causa não é suficiente para determinar a direção do tempo nos dois esboços. Um observador, quando confrontado com os dois cenários, seria incapaz de determinar em qual deles o tempo segue seu curso natural e em qual ele corre para trás. O observador estaria diante de um processo temporalmente reversível.

A menção às leis do movimento de Newton no exemplo citado é proposital. Ela deixa claro que Kant teria como saber que, em condições ideais, quando se trata do

movimento dos corpos e de suas causas, o processo é temporalmente reversível. Ademais, a escolha de um exemplo que mostra uma situação ideal da relação entre os corpos A e B serve para indicar que se trata de um modo de determinação daquilo que Kant chama de objetos em geral, os quais, por prescindirem de características particulares específicas (que são sempre fornecidas pela experiência), podem servir para regerar, em conformidade com as regras próprias de operação do ânimo, conjuntos mais ou menos heterogêneos de objetos particulares.

Isso é importante porque Kant considera, por um lado, que a mera ordem subjetiva das percepções na síntese da imaginação (experiência em sentido fraco) é insuficiente para determinar a ordem temporal objetiva dos fenômenos e, por outro lado, que “o tempo não pode ser percebido em si mesmo, mas é em relação a ele que se pode determinar no objeto, mais ou menos empiricamente, o que precede e o que segue” (Kant 2010, p.218; *KrV*, B233). Entre a vagueza da determinação meramente empírica do tempo e a impossibilidade de se perceber o tempo em si mesmo, Kant opta por uma terceira via, a de que o entendimento, com a lei geral da causalidade, determina no tempo em geral a ordem de sucessão dos objetos em geral. Isso implica que Kant teria que concordar que, em condições ideais, as relações de movimento e suas causas não podem determinar por si só a direção na qual o tempo caminha, já que em condições ideais a ordem do tempo não é determinante para tais relações.

Kant dá uma indicação clara de que a ordem da sucessão dos objetos, uma vez regrada pela lei geral da causalidade, seria irreversível ao anotar que

quando me apercebo, pois, que algo acontece, nesta representação está contido, em primeiro lugar, que algo precede, porquanto é na relação com esse algo precedente que o fenômeno recebe a sua relação de tempo, isto é, chega à existência após um tempo precedente em que não era. Mas só pode receber o seu lugar determinado nesta relação de tempo, porque no estado precedente algo é pressuposto, ao qual sucede sempre, ou seja segundo uma regra; *disto resulta, em primeiro lugar, que não posso inverter a série e não posso antepor o que acontece àquilo a que ele segue [woraus sich denn ergibt, dass ich erstlich nicht die Reihe umkehren, und das, was geschieht, demjenigen voransetzen kann, worauf es folgt]*; em segundo lugar, que dado o estado precedente, este determinado acontecimento se lhe segue, necessária e infalivelmente (2010, p.224; *KrV*, A198, B243–244, grifos nossos).

Se tivesse considerado as relações causais entre objetos apenas a partir de suas condições mecânicas ideais, talvez Kant não teria defendido de maneira tão abrangente a irreversibilidade do tempo como decorrente da relação de causa e efeito entre os objetos.

O fato de Kant parecer não ter se dado conta dessa dificuldade talvez tenha a ver com o fato de que ele não teve acesso à descoberta da segunda lei da termodinâmica, a qual determina a irreversibilidade temporal de alguns processos físicos, e nem à

formulação da noção de entropia, a qual é uma quantidade variável que pode ser usada para descrever a direção temporal de ocorrência dos eventos. Processos físicos sujeitos à segunda lei da termodinâmica e à entropia são processos temporalmente irreversíveis.

Ben-Naim apresenta assim a descrição de Rudolf Clausius sobre a segunda lei da termodinâmica:

Basicamente, a formulação de Clausius é aquilo que cada um de nós já observou; calor sempre flui de um corpo com uma temperatura alta (que então é resfriado) para um corpo com uma temperatura mais baixa (o qual é aquecido). Nós nunca observamos o reverso desse processo ocorrer espontaneamente. A formulação de Clausius estabelece que não existe um processo tal cujo saldo efetivo seja apenas a transferência de calor de um corpo frio para um quente. [...] O que Clausius defendeu foi que o processo de calor sendo transferido de um corpo quente para um corpo frio quando colocados em contato, que observamos ocorrer espontaneamente, nunca pode ser observado na direção reversa (2008, p.5, tradução nossa³).

Considere-se um corpo A, com uma temperatura t_1 , e um B, com uma temperatura t_2 . Considere-se ainda que t_1 é maior que t_2 . Desconsiderando outras variáveis quaisquer, se se coloca esses dois corpos em contato um com o outro, o calor fluirá do corpo A para o corpo B. Considere-se que o contato entre os dois corpos foi rompido antes que eles alcançassem o equilíbrio térmico. De acordo com a segunda lei da termodinâmica, o que se verifica é que t_1 diminuiu e t_2 aumentou. Nesse caso, o corpo A é a causa do aumento de temperatura do corpo B. Considere-se, agora, o mesmo processo, porém na ordem reversa do tempo (pode-se considerar, por exemplo, que o fluxo de calor entre os corpos A e B foi filmado por uma câmera térmica e que agora esse vídeo será visto de trás para frente). Ao entrarem em contato, o calor fluiria do corpo B para o corpo A, de modo que o corpo B seria a causa do aumento de temperatura do corpo A. Apresentado às duas versões desse esboço, um observador seria perfeitamente capaz de identificar a ordem do tempo em cada um dos cenários. Bastaria que ele identificasse a direção do fluxo de transferência de calor. E, nos dois casos, a ordem do tempo seria a mesma. Por se tratarem de processos em que a direção temporal é relevante para o estabelecimento da relação entre os objetos, processos desse tipo são denominados processos físicos temporalmente irreversíveis.

Sobre a formação da noção de entropia como um desdobramento da segunda lei da termodinâmica, Ben-Naim escreve:

Há mais processos, com os quais todos nós estamos familiarizados, que procedem em uma única via [temporal], nunca na direção reversa [...]. Calor flui de uma temperatura alta para uma baixa; matéria flui de uma concentração alta pra uma baixa; dois gases se misturam espontaneamente; e uma

pequena quantidade de tinta colocada em um copo d'água se misturará espontaneamente com o líquido até que a água esteja homogeneamente colorida [...]. Nós nunca observamos o reverso desses processos. Todos esses processos têm uma coisa em comum. Eles procedem em uma direção, nunca procedendo *espontaneamente* na direção reversa. Mas não está claro que todos esses processos são governados por uma lei natural comum. [...] A grandeza da conquista de Clausius foi sua extraordinária presciência de que todos esses processos espontâneos são governados por uma lei, e que há uma quantidade que governa a direção do desdobramento dos eventos, uma quantidade que sempre muda em uma direção em um processo espontâneo. Isso foi assemelhado a uma flecha ou vetor de sentido único que está direcionado em uma direção ao longo do eixo temporal. Clausius introduziu o novo termo *entropia* (2008, p.6–7, grifos do autor, tradução nossa⁴).

Uma vez descoberto e estabelecido que, “em qualquer processo espontâneo ocorrendo em um sistema isolado, a entropia nunca diminui” (Ben-Naim, 2008, p.8, tradução nossa⁵), torna-se possível para a ciência criar modelos de explicação da evolução de sistemas físicos em que a ordem do tempo é objetivamente determinada: o tempo flui na direção do aumento da entropia.

Desenvolvimentos posteriores da segunda lei da termodinâmica permitiram identificar a temperatura de um sistema à energia cinética das partículas em movimento constante no interior do sistema. Isso trouxe à tona a possibilidade de uma abordagem probabilística para a questão da entropia. Com efeito, a fórmula da entropia de Boltzmann é uma equação que apresenta a relação entre a entropia de um sistema termodinamicamente fechado e seu número de microestados, isto é, de possíveis configurações particulares de distribuição de energia e de partículas no interior desse sistema. Essa equação permite interpretar a variação da entropia de um sistema fechado em termos probabilísticos, de modo que há uma possibilidade, mesmo que ínfima, de que a entropia de um sistema diminua. Ben-Naim fornece uma estimativa do quão ínfima é tal possibilidade:

Se começarmos com todas as partículas em uma caixa, nós primeiro observaremos uma expansão e as partículas preencherão todo o volume do sistema. Mas “de vez em quando” nós observaremos visitas ao estado inicial. Com que frequência? Se nós vivermos uma vida extremamente longa, digamos $10^{10} \times 30$ anos, e o gás consistir de algumas 10^{23} partículas, então nós observaríamos visitas ao estado original muitas vezes em nosso tempo de vida (2008, p.212, tradução nossa⁶).

Essa observação serve para mostrar que a associação entre a direção do tempo e a segunda lei da termodinâmica não é absoluta, mas probabilisticamente determinada. Assim, falando de maneira mais rigorosa, pode-se alegar que a entropia de um sistema fechado quase sempre aumenta. No entanto, de tão pequena que é a

probabilidade de que a entropia diminua em um sistema, tal possibilidade pode ser descartada como desprezível e não deve afetar a análise da descrição kantiana da segunda analogia da experiência a ser levada a cabo aqui.

Um último aspecto a ser mencionado a respeito da entropia envolve o estatuto de sua conexão com a ordem do tempo. Embora possa ser interessante se perguntar se há uma relação de causa e efeito entre a direção do tempo e a entropia (seja considerando a direção do tempo como causalmente determinante para o aumento da entropia, seja considerando a entropia como causalmente determinante para a direção do tempo), a mera constatação da correlação entre uma e outra,⁷ mesmo em termos probabilísticos, é suficiente para dar conta das considerações envolvendo a entropia e a segunda analogia da experiência de Kant que se empreende aqui.

Analisando, agora, o argumento kantiano a favor da segunda analogia da experiência sob a ótica da segunda lei da termodinâmica e da noção de entropia, constata-se o seguinte: a segunda analogia da experiência de Kant é insuficiente para explicar a ordem objetiva do tempo. Em primeiro lugar, porque parte da noção equivocada de que o entendimento, porque prescreve aos objetos do campo fenomenal a lei segundo a qual a causa necessariamente precede o efeito, prescreve ao mesmo tempo uma lei de sucessão desses mesmos objetos. Como fica claro na consideração de um processo físico temporalmente reversível, a precedência da causa em relação ao seu efeito não garante uma ordem temporal objetiva dos fenômenos. Como Rovelli coloca de maneira bastante sintética, “num estado de equilíbrio térmico, ou num sistema puramente mecânico, não há uma direção do tempo identificada pela causalidade” (2018, p.104). É um fato curioso que Kant, entusiasta da física newtoniana que era, não tenha percebido que as leis do movimento de Newton, as quais descrevem sistemas físicos temporalmente reversíveis, não corroboram sua tese da segunda analogia da experiência, ou pelo menos não a corroboram no que diz respeito à consideração das causas dos movimentos dos corpos no interior de modelos físicos ideias (puramente mecânicos).

Em segundo lugar, a segunda analogia da experiência de Kant é insuficiente para explicar a ordem objetiva do tempo porque ela toma como base de investigação um ponto de partida equivocado. Convencido, por um lado, da impossibilidade de se perceber o tempo em si mesmo e a ordem de sucessão que se dá nele e, por outro lado, de que a ordem meramente empírica das percepções (experiência em sentido fraco) não pode fornecer a ordem objetiva dessas mesmas percepções, Kant opta pela única via que lhe restou: é o entendimento que determina, nos termos da lei da causalidade, a ordem objetiva no tempo em geral, à qual estão necessariamente subordinados todos os objetos da experiência. O equívoco de Kant torna-se evidente com a descoberta da segunda lei da termodinâmica. Com efeito, ela indica que a possibilidade de determinação da ordem do tempo está estritamente vinculada a atributos que de maneira alguma podem ser considerados *a priori*, pois sua origem é empírica: temperatura,

se se considera a formulação da segunda lei da termodinâmica consagrada por Clausius; ou energia cinética das partículas que compõem um sistema, se se considera a formulação mais refinada de Boltzmann.

É evidente que Kant não poderia ter previsto a descoberta da segunda lei da termodinâmica. Todavia, as consequências dessa descoberta parecem impactar de maneira mais contundente a segunda analogia da experiência do que as consequências da descoberta da física quântica impactam a primeira analogia da experiência. Como visto, ainda permanece a possibilidade de se empregar a primeira analogia da experiência a domínios de objetos circunscritos à física clássica newtoniana. No caso da segunda analogia da experiência, porém, mesmo a possibilidade de que ela seja empregada ao domínio específico dos objetos da física newtoniana parece equivocada, seja porque as leis do movimento são temporalmente reversíveis (o que Kant poderia ter sabido mesmo em sua época), seja porque a direção do tempo está correlacionada à entropia (o que Kant de fato não poderia ter sabido). Por isso, o impacto negativo que a noção de entropia tem sobre a plausibilidade da filosofia transcendental kantiana deve ser, no mínimo, objeto de consideração.

Finalmente, o terceiro apontamento diz respeito à terceira analogia da experiência de Kant. Conforme exposto, Kant defende que, para determinar objetivamente a simultaneidade das percepções, o entendimento deve submeter o aparato formal da experiência à categoria da comunidade, determinando assim que a reciprocidade causal (ação recíproca) entre as substâncias condiciona a simultaneidade dessas substâncias ao longo do tempo. Hoje sabe-se que há boas razões para duvidar dessa identificação entre a reciprocidade causal dos objetos e a sua simultaneidade. Um olhar mais detido sobre a teoria da relatividade de Einstein auxilia na avaliação dessa posição kantiana.

Há dois postulados importantes para a teoria da relatividade de Einstein: o da relatividade, de acordo com o qual as mesmas leis da física devem valer igualmente para sistemas referenciais inerciais⁸ distintos; e o da constância da velocidade da luz no vácuo, a qual possui um valor finito. A admissão desse último postulado traz uma implicação relevante para a análise da noção de simultaneidade. Com efeito,

[...] não é o postulado da relatividade que afasta a mecânica clássica da teoria da relatividade, mas tão somente o postulado da constância da velocidade da luz no vácuo, do qual, em combinação com o princípio da relatividade especial, deriva, do modo conhecido, a relatividade da simultaneidade, assim como a transformação de Lorentz e as leis, com estas relacionadas, do comportamento em movimento dos corpos rígidos e dos relógios (Einstein 2014, p.141–142).

Ademais, no quadro da teoria da relatividade, tanto campos gravitacionais a que um dado sistema referencial inercial está sujeito quanto a velocidade que ele possui alteram o fluxo da passagem do tempo desse sistema, acelerando-o ou diminuindo-o.

Por isso, todo sistema referencial inercial possui o que se chama de tempo próprio, o qual varia de acordo com a intensidade do campo gravitacional a que está sujeito, bem como de acordo com sua velocidade em relação à velocidade da luz. Isso significa que, dentro do escopo da relatividade de Einstein, não há um sistema referencial inercial preferencial, o qual serviria de referência para os demais sistemas referenciais inerciais. A implicação disso é que, dentro do domínio dos objetos da relatividade, não se opera com a noção de um tempo único, por meio do qual poder-se-ia medir a passagem de um suposto tempo real.⁹ Explicando esse ponto, Rovelli escreve:

É assim que a teoria da relatividade geral de Einstein concebe o tempo. Suas equações não têm um único tempo, têm inúmeros. Entre dois acontecimentos, como a separação e o reencontro de dois relógios, a duração não é única. A física não descreve como as coisas evoluem “no tempo”, mas sim como elas evoluem em seus tempos e como “os tempos” evoluem *um em relação ao outro* (2018, p.13, grifos do autor).

Como consequência da admissão desses dois aspectos da teoria da relatividade — a constância da velocidade da luz no vácuo e a noção de tempo próprio ou local —, a simultaneidade de dois ou mais eventos passa a ser relativa ao sistema referencial inercial em consideração. Seja A um sensor que, ao ser ativado por um sinal luminoso, reenvia esse sinal para a fonte que o produziu, que então o capta. Considere-se que A se encontra em um ponto exatamente equidistante entre duas fontes de sinal de luz X e Y. Considere-se também que tanto A quanto X e Y se encontram em repouso em relação à Terra. Porque a velocidade da luz é finita e constante, se X e Y emitirem seus sinais exatamente ao mesmo tempo, eles acionariam A exatamente ao mesmo tempo, o qual, por sua vez, reemitiria os dois sinais, que então seriam captados ao mesmo tempo por X e por Y. Considere-se agora um sensor B, com as mesmas propriedades de A, mas que esteja viajando de X para Y, em movimento retilíneo uniforme e com uma velocidade v . Considere-se que X e Y emitem seus sinais luminosos no exato instante em que B se encontra no ponto equidistante entre os dois. Nesse caso, os sinais luminosos não acionariam B ao mesmo tempo, pois a distância entre B e Y diminuiria proporcionalmente à velocidade v de B, ao passo que a distância entre B e X também aumentaria na proporção da velocidade v de B, de modo que a luz teria que viajar uma distância menor de Y para B do que de X para B. Ademais, os sinais de luz reemitidos por B alcançariam Y antes de alcançar X, pelas mesmas razões. Nos dois cenários mencionados, a mesma reciprocidade causal que se verifica entre A e as fontes de sinal de luz X e Y (X e Y causam efeitos em A, que, por sua vez, causa efeitos em X e Y) se verifica entre B e as fontes de sinal de luz X e Y (X e Y causam um efeito em B, que reciprocamente causa efeitos em X e Y). Nos termos da terceira analogia da experiência de Kant, isso seria suficiente para marcar a simultaneidade de todos esses eventos. Porém, de acordo com a relatividade, o que se verifica é

que o determinante para atestar a simultaneidade dos eventos não é a reciprocidade causal (igual nos dois exemplos), mas sim os tempos próprios de A e de B: os mesmos eventos simultâneos para A não são simultâneos para B.

A constância da velocidade da luz no vácuo permite ainda considerar a simultaneidade de dois objetos a partir de um outro ponto de vista. O limite finito no valor da velocidade da luz implica que há um limite na velocidade do câmbio de informações entre dois ou mais sistemas físicos e, em última instância, também um limite na velocidade da causalidade. Porque há um limite máximo na velocidade com que objetos podem interagir entre si, a relação de causa e efeito não pode ser dar de maneira instantânea. Isso afeta a maneira de enxergar a simultaneidade entre dois objetos. Sabe-se que há estrelas no céu noturno que, apesar de já terem esgotado seu tempo de vida, ainda são visíveis. Isso ocorre porque ainda não deu tempo de chegar à Terra toda a luz emitida por essas estrelas. Esses casos provam que pode haver uma relação de causa e efeito entre dois objetos até mesmo nos casos em que o objeto que causa um efeito num segundo objeto já não exista simultaneamente à produção desse efeito no segundo objeto. Esse tipo de evento claramente mostra que a posição kantiana a respeito da simultaneidade da existência dos objetos, baseada numa reciprocidade causal, não se aplica aos domínios de objetos sujeitos à teoria da relatividade.

Mais uma vez, é evidente que Kant não poderia prever o desenvolvimento da teoria da relatividade. No caso das implicações dessa teoria na análise da terceira analogia da experiência de Kant, parece seguro afirmar aqui algo semelhante ao que foi afirmado na análise da primeira analogia da experiência: Kant quis determinar relações de simultaneidade válidas na totalidade do campo objetivo teórico, mas considerava que tal campo estaria restrito ao domínio da física clássica, o que hoje se sabe não ser verdade. No entanto, isso não quer dizer que a terceira analogia da experiência está completamente errada, pois ela ainda possui alguma validade nos domínios da física newtoniana, para os quais os efeitos da consideração da velocidade da luz e do tempo próprio são em grande medida desprezíveis, tendo baixa relevância para os resultados dos experimentos. O que essa análise coloca em xeque é a universalidade na aplicação da terceira analogia da experiência, pois ela não se sustenta quando confrontada com o domínio dos objetos aos quais a teoria da relatividade se aplica.

Todo esse cotejo das analogias da experiência com teorias científicas hodiernamente estabelecidas revela três pontos interessantes. Em primeiro lugar, a universalidade do emprego dessas analogias aos objetos da experiência não é, como o sistema filosófico kantiano pretende que seja, de fato universal, pois não podem ser bem aplicadas aos domínios da relatividade e da física quântica, conforme exposto no primeiro apontamento e no terceiro apontamento. Além disso, em segundo lugar, tal cotejo revela que mesmo dentro do domínio da física newtoniana, ao qual Kant teve amplo acesso, há dificuldades em se determinar a ordem do fluxo temporal ape-

lando apenas para uma regra geral de causa e efeito, conforme exposto no segundo apontamento. Finalmente, em terceiro lugar, e também em conformidade com o exposto no segundo apontamento, tal cotejo revela que, pelo menos no domínio dos objetos sujeitos à entropia, a determinação da ordem do fluxo temporal tem seu fundamento em propriedades empíricas, não em regras intelectuais de determinação do tempo em geral e, por consequência, dos objetos em geral. Esses dois últimos pontos apresentam objeções robustas contra a correção de parte da filosofia transcendental kantiana.

Referências

- Allison, H. E. 2004. *Kant's transcendental idealism: an interpretation and defense*. New Haven: Yale University Press.
- Ben-Naim, A. 2008. *Entropy demystified: the second law reduced to plain common sense*. Singapore: World Scientific Publishing.
- Cham, J. & Whiteson, D. 2017. *We have no idea: a guide to the unknown universe*. New York: Riverhead Books.
- Costa, N. C. A. da. 1997. *O conhecimento científico*. São Paulo: Discurso Editorial.
- Einstein, A. 2014. Os fundamentos da teoria da relatividade geral. In: H. A. Lorentz; A. Einstein; H. Minkowski (ed.), *Textos fundamentais da física moderna*, v. 1. 6a Edição. Trad. M. J. Saraiva. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Kant, I. 1990. *Kritik der reinen Vernunft [KrV]*. Nach der 1. und 2. Orig-Ausg. von R. Schmidt. 3. Aufl. Hamburg: Meiner.
- Kant, I. 2010. *Crítica da razão pura*. Trad. M. Pinto dos Santos & A. Fradique Morujão. 7a Edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Paton, H. J. 2008. *Kant's metaphysic of experience: a commentary on the first half of the Kritik der reinen Vernunft*. Vol. 2. London: George Allen & Unwin.
- Rovelli, C. 2018. *A ordem do tempo*. Trad. S. Cobucci. Rio de Janeiro: Objetiva.

Notes

¹Juntamente com a citação em acordo com as normas de *Principia*, referentes à tradução portuguesa publicada pela Fundação Calouste Gulbenkian, inclui-se a citação em acordo com a edição crítica da *Kritik der reinen Vernunft (KrV)*, estabelecida pela Real Academia Prussiana de Ciências. Todas as citações de trechos da *Crítica da razão pura* seguirão esse padrão.

²Passagem citada: “*The subjective order is not a datum on the basis of which the mind must somehow infer or construct an objective order. It is rather what would remain if (per impossibile) we could remove the determinate structure imposed on the sensibly given (the manifold of inner sense) by the understanding. Thus, what Kant is trying to say here is that, if all we had were this indeterminate subjective order, we would not be able to represent any temporal order at all (objective or subjective). The problem, then, is to explain how time consciousness, that is, cognition of a temporal order, is possible*”.

³Passagem citada: “Basically, Clausius’ formulation is what every one of us has observed; heat always flows from a body at a high temperature (hence is cooled) to a body at a lower temperature (which is heated up). We never observe the reverse of this process occurring spontaneously. Clausius’ formulation states that no process exist, such that its net effect is only the transfer of heat from a cold to a hot body. [...] What Clausius claimed was that the process of heat transferred from a hot to a cold body when brought into contact, which we observe to occur spontaneously, can never be observed in the reverse direction”.

⁴Passagem citada: “There are more processes which all of us are familiar with, which proceed in one way, never in the reverse direction. [...] Heat flows from a high to a low temperature; material flows from a high to a low concentration; two gases mix spontaneously; and a small amount of colored ink dropped into a glass of water will spontaneously mix with the liquid until the water is homogeneously colored [...]. We never see the reverse of these processes. All these processes have one thing in common. They proceed in one direction, never proceeding spontaneously in the reverse direction. But it is far from clear that all these processes are driven by a common law of nature [...] The greatness of Clausius’ achievement was his outstanding prescience that all of these spontaneous processes are governed by one law, and that there is one quantity that governs the direction of the unfolding of events, a quantity that always changes in one direction in a spontaneous process. This was likened to a one-way arrow or a vector that is directed in one direction along the time axis. Clausius introduced the new term entropy”.

⁵Passagem citada: “in any spontaneous process occurring in an isolated system, the entropy never decreases”.

⁶Passagem citada: “If we start with all particles in one box, we shall first observe expansion and the particles will fill the entire volume of the system. But ‘once in a while’ we will also observe visits to the original state. How often? If we live for an extremely long time, say 10^{10} to 10^{30} years, and the gas consists of some 10^{23} particles, then we should observe visits to the original state many times in our lifetime”.

⁷Cham e Whiterson (cf. 2017, p.146) insistem que, com o que se sabe hoje, o máximo que se pode admitir com segurança é a correlação entre a entropia e a direção do tempo.

⁸Para evitar mal entendidos, difundidos no senso comum, em relação a uma espécie de determinação do sujeito sobre aspectos específicos dos objetos da relatividade, evita-se aqui falar de um observador, noção filosoficamente carregada de subjetividade. Emprega-se, em seu lugar, a noção de sistema referencial inercial (teoricamente estruturado na forma de um sistema de coordenadas), própria da física, pois com ela torna-se mais claro o entendimento de que os efeitos da dilatação temporal, previstos pela relatividade, valem tanto para sujeitos observadores quanto para objetos não observadores, desprovidos completamente de subjetividade.

⁹Em defesa de Kant, Paton argumenta que, apesar de a relatividade operar com essa multiplicidade de tempos próprios, ainda se pode falar que os objetos da experiência possuem uma posição definida em um tempo objetivo comum: “a teoria da Relatividade exige uma reinterpretação da palavra ‘definida’; pois o tempo de um evento pode ser medido diferentemente por observadores diferentes. No entanto, se todas as medições podem ser traduzidas umas nos termos das outras, e se, sabendo uma medição, podemos dizer a priori o que as outras devem ser, nós ainda estamos, penso eu, no direito de dizer que todo evento tem uma posição em um tempo comum (ou um espaço-tempo comum)” (2008, p.160, tradução nossa). [Passagem citada: “The theory of Relativity demands a reinterpretation of the word ‘definite’; for the

time of an event may be measured differently by different observers. Nevertheless if the measurements can all be translated into terms of one another, and if, knowing one measurement, we can say a priori what the others must be, we are, I think, still entitled to say that every event has a definite position in a common time (or a common space-time)"]. Porque a simultaneidade dos eventos é relativa ao sistema referencial inercial que se leva em consideração, essa defesa de Paton não se sustenta. Pois qual seria a posição no tempo comum objetivo de um mesmo evento que, a depender do sistema referencial inercial que se leva em consideração, se apresenta ou não como simultâneo? Sobre quais fundamentos dever-se-ia dizer que um sistema referencial inercial expressa melhor a posição de um evento no tempo comum do que outro sistema referencial inercial? Não se trata de uma questão meramente formal de extensão dos conceitos, segundo a qual a admissão de tempos próprios distintos exige concomitantemente a admissão de um tempo comum. Trata-se de uma questão de modo de operação da teoria da relatividade, cujos cálculos, modelos e experimentos funcionam apenas se se leva em consideração a diversidade de tempos próprios dos sistemas referenciais inerciais. É esse modo de operação da teoria da relatividade que dever ser o dado a partir do qual se discute a simultaneidade dos eventos, não a relação meramente conceitual, no formato parte/todo, entre tempo próprio e tempo comum.

Agradecimentos

Agradeço à FAPEMIG pelo financiamento da minha pesquisa de doutorado, da qual o presente artigo faz parte de maneira transversal.

Agradeço ao meu orientador do doutorado, Marcos César Seneda, bem como aos revisores deste artigo, pelas correções e sugestões feitas tendo em vista uma maior clareza do texto.

Agradeço aos queridos amigos Henrique e Enoque pela disposição em debater comigo a ideia original deste artigo.

Por fim, agradeço à enorme comunidade de divulgação científica na internet, por intermédio da qual tive contato com o que se produz hoje em dia no campo das ciências físicas e biológicas.