



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS ERECHIM**  
**LICENCIATURA EM FILOSOFIA**

**SOBRE O ESPAÇO E TEMPO EM KANT E EINSTEIN**  
**ENTRE A ESTÉTICA TRANSCENDENTAL E A RELATIVIDADE GERAL**

**ALEXANDRE LUNARDI TESTA**

**Trabalho      q de Conclusão de Curso**

**Erechim**

**2017**

**ALEXANDRE LUNARDI TESTA**

**SOBRE O ESPAÇO E TEMPO EM KANT E EINSTEIN  
ENTRE A ESTÉTICA TRANSCENDENTAL E A RELATIVIDADE GERAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Filosofia Licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, como requisito para aprovação em Trabalho de Conclusão de Curso III.

Orientador Prof. Dr. Jerzy André Brzozowski

**ERECHIM**

**2017**

#### **PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas**

Testa, Alexandre Lunardi

Sobre o espaço e tempo em Kant e Einstein: Entre a Estética Transcendental e a Relatividade Geral/  
Alexandre Lunardi Testa. -- 2017.

79 f.:il.

Orientador: Jerzy André Brzozowski.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Filosofia - Licenciatura , Erechim, RS , 2017.

1. Kant. 2. Einstein. 3. Espaço-tempo. 4. Estética Transcendental. 5. Relatividade. I. Brzozowski, Jerzy André, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**ALEXANDRE LUNARDI TESTA**

**SOBRE O ESPAÇO E TEMPO EM KANT E EINSTEIN  
ENTRE A ESTÉTICA TRANSCENDENTAL E A RELATIVIDADE GERAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Universidade Federal da Fronteira Sul, como  
parte das exigências para a obtenção do título  
de Licenciado em Filosofia.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Jerzy André Brzozowsky (Orientador)  
Universidade Federal da Fronteira Sul

---

Prof. Dr. Anderson Alves Ribeiro  
Universidade Federal da Fronteira Sul

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thiago Soares Leite  
Universidade Federal da Fronteira Sul

Este texto é dedicado aos meus pais, Clori Menetino Testa e Maria Helena Lunardi Testa, que diante das mais felizes, e por vezes, adversas condições, possibilitaram a manutenção dos meus estudos, e consequentemente de mais este trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de registrar o meu agradecimento a todos que possibilitaram a elaboração do texto que se segue. Partindo de meu orientador, Prof. Dr. Jerzy André Brzozowski, que além de possibilitar a elaboração da temática desejada, auxiliou-me em diversos âmbitos no ambiente acadêmico, desde projeto de monitoria, até iniciação científica, o que determinou meu gosto pela área e definiu a temática que se segue.

Também gostaria de agradecer a Micheli Artuso, pelas horas de mau humor que foram contornadas, além do descanso possibilitado no conforto externo ao meio acadêmico. Agradeço também ao Prof. Dr. Eloi Pedro Fabian, pelo seu livro presenteado, que constituiu parte da manutenção da minha permanência na graduação. À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Joice Beatriz da Costa, não só pelo auxílio bibliográfico para a elaboração deste trabalho, mas pelo suporte em aula, e por ser responsável pela introdução e gosto de assuntos filosóficos que eu jamais imaginei que gostaria.

Agradeço a todos os professores responsáveis pelo meu percurso enquanto discente de filosofia. Aos meus irmãos, Ricardo Lunardi Testa e Enzo Lunardi Testa, não só pelo suporte psíquico, mas também pelas caronas e livros que me foram presenteados. Gostaria de deixar um agradecimento especial ao grande amigo, Arthur Ribeiro Navarini, pelos auxílios com as traduções, e a grande amiga, Heloisa Zanlorensi, não só por ter suscitado a temática do texto, mas também por ter auxiliado e revisado na elaboração do projeto que deu origem ao que se segue. Por fim, gostaria de agradecer à banca de avaliação deste trabalho, que mais qualificada não poderia ser, composta pelo orientador, Prof. Dr. Jerzy André Brzozowski, e pelos professores doutores Anderson Alves Ribeiro e Thiago Soares Leite.

*Não basta apreciar a beleza de um jardim, sem ter  
que imaginar que há fadas nele?*

(Douglas Noël Adams)

*There was a young lady named Bright  
Whose speed was far faster than light;  
She set out one day  
In a relative way  
And returned on the previous night.*

(A. H. Reginald Buller)

**Resumo:** O presente texto tem por objetivo expor as questões espaço-temporais que envolvem dois grandes teóricos, Immanuel Kant e Albert Einstein. Um deles, através de uma perspectiva puramente filosófica, o outro, através de uma abstração filosófica da conceituação elaborada em sua Física. Inicialmente nós faremos uma exposição breve acerca das noções sobre o espaço e o tempo que foram influências teóricas para Kant, a fim de justificar que a elaboração do autor demandou teorias prévias, especialmente no tocante a uma perspectiva newtoniana e leibniziana. Na sequência, a própria teoria de Kant será exposta, de modo que, iniciando pelas definições de sua *Estética Transcendental*, se introduz as bases para compreender a exposição sobre o espaço e tempo, a partir das definições metafísicas e a sua decorrência transcendental. Seguindo a exposição kantiana, faremos uma exposição geral sobre o que nos interessa da física precedente a Einstein, no intuito de elucidar o que principia seus estudos e o desenvolvimento de sua *Teoria da Relatividade*. Seguindo isso, o próprio desenvolvimento da teoria da *Relatividade Restrita* é apresentado, e em seguida as decorrências que levam à *Relatividade Geral*. E, para concluir, se fará um contraponto entre as duas teorias, fundamentado através de uma questão acerca da possibilidade de subsistência de ambas teorias sobre o espaço e tempo. Nessa seção são contrapostas as exposições dos autores, e possíveis objeções são apresentadas, de modo que acabam levando a noção de uma impossibilidade da vigência simultânea das teorias.

**Palavras-Chave:** Kant. Einstein. Espaço-tempo. Estética Transcendental. Relatividade.

**Abstract:** The present text aims to expose the space-time issues that involving two great theorists, Immanuel Kant and Albert Einstein. One of them, from a purely philosophical perspective, the other one, through a philosophical abstraction of the conceptualization elaborated in his physics. Initially we will make a brief exposition of the notions about space and time that were theoretical influences for Kant, in order to justify that the author's elaboration demanded previous theories, specially with respect to a Newtonian and Leibnizian perspective. In the sequence, Kant's own theory will be exposed, so that, by beginning with the definitions of his *Transcendental Aesthetics*, we introduce the basis for understanding the exhibition on space and time, starting from the metaphysical definitions and their transcendental consequence. Following the Kantian exposition, we will make a general exposition about what interests us in the physics preceding Einstein, in order to elucidate what initiates his studies and the development of his *Theory of Relativity*. Following this, the own development of the *Special Relativity* is exposed, and in the sequence, the consequences that lead to *General Relativity*. And to conclude, a counterpoint between the two theories will be made, based on a question about the possibility of subsistence of both space and time theories. In this section the authors' expositions will be opposed, and possible objections will be presented, so that it ends up leading to the notion of an impossibility of the simultaneous validity of theories.

**Key-words:** Kant. Einstein. Space-time. Transcendental Aesthetic. Relativity.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CRP	Crítica da Razão Pura
ET	Estética Transcendental
TRR	Teoria da Relatividade Restrita
TRG	Teoria da Relatividade Geral
GPS	Sistema de Posicionamento Global por Satélite
LIGO	Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de espelho em repouso e em movimento .....	48
Figura 2 – Espaço tempo curvo .....	54
Figura 3 – Representação da deflexão da luz quando atraída por um campo gravitacional .....	57

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b> .....	10
<b>2</b>	<b>Sobre o Espaço e Tempo em Kant</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Contextualização histórica – Newton e Leibniz</b> .....	16
<b>2.2</b>	<b>Das definições primeiras da <i>Estética Transcendental</i></b> .....	23
<b>2.3</b>	<b>A definição de espaço em Kant</b> .....	27
<b>2.4</b>	<b>A definição de tempo em Kant</b> .....	33
<b>2.5</b>	<b>Considerações Parciais</b> .....	37
<b>3</b>	<b>Sobre o Espaço-Tempo em Einstein</b> .....	39
<b>3.1</b>	<b>Considerações sobre a física precedente a Einstein</b> .....	39
<b>3.2</b>	<b>A Teoria da Relatividade Einsteniana</b> .....	44
<b>3.3</b>	<b>Considerações Parciais</b> .....	59
<b>4</b>	<b>Entre a Estética Transcendental e a Relatividade Geral</b> .....	61
<b>4.1</b>	<b>Considerações Parciais</b> .....	69
<b>5</b>	<b>Considerações Finais</b> .....	71
	<b>Referências</b> .....	74

## 1 Introdução

Toda concepção acerca do universo, independente de cultura ou geolocalização, acerta, inicialmente, aspectos essenciais para a própria existência em suas teorizações. É um tanto inconsistente um pensamento sobre a realidade que não tenha, intrínseco em si, condições de percepção. Desde os mais antigos mitos até a mais contemporânea literatura fantástica há a pressuposição de um espaço em que ocorre os fatos, e para ocorrerem fatos, uma sequência temporal; concepções que se ligam a partir da noção de movimento.

Não há quem não tenha, mesmo que superficialmente, se questionado sobre um antes e um depois, em fatos determinados: *E se isso nunca tivesse acontecido? – conversavam as galinhas entre si sobre a queda de um meteoro na península de Yucatan*. Por serem assimiladas com alguns grupos de dinossauros, bem maiores, extintos no final do período cretáceo, eventualmente por conta da queda do meteoro que formou a cratera de Chicxulub, no México, talvez as galinhas pudessem fundamentar uma mitologia épica diante dos fatos. Para tanto, haveria a necessidade basilar de um *antes*, um *depois*, um *lugar* e também um *movimento* que interligasse as partes temporais em comuta com o *lugar*.

Certamente um exemplo caricato não é a mais técnica maneira de abordar questões formais acerca de espaço, tempo e movimento; entretanto é capaz de explicar a necessidade da existência deles na concepção teórica humana. Para muitos teóricos, o fundamento do conhecimento humano parte dessas prerrogativas, e espaço, tempo e movimento tomam suas formas nas mais variadas áreas do conhecimento, portanto. Visível torna-se isso a partir de concepções geográficas sobre espaço e tempo, concepções físicas espaço-temporais, noções filosóficas, químicas, linguísticas.

É diante dessas condições interdisciplinares que se encontram teorizadas as questões espaço-temporais contemporâneas; sobre-humano seria tentar elencar todas as concepções que relacionam os conceitos, já que o tema remete até a mais antiga concepção teórica, seja mitológica ou científica. Em Hesíodo, na *Teogonia*, o pedido do poeta para as musas é a de que narrem o princípio de tudo, e assim elas fazem:

Sim bem primeiro nasceu Caos, depois também  
Terra de amplo seio, de todos sede irresvalável sempre,  
dos imortais que têm a cabeça do Olimpo nevado,  
e Tártaro nevoento no fundo do chão de amplas vias,  
e Eros: o mais belo entre Deuses imortais,  
solta-membros, dos Deuses todos e dos homens todos  
ele doma no peito o espírito e a prudente vontade.

Do Caos Érebo e Noite negra nasceram.  
Da Noite aliás Éter e Dia nasceram,

gerou-os fecundada unida a Érebo em amor.  
 Terra primeiro pariu igual a si mesma  
 Céu constelado, para cercá-la toda ao redor  
 e ser aos Deuses venturosos sede irresvalável sempre. [...].  
 (HESÍODO, 1995, p. 91)

É perceptível logo no princípio, que a narração traça os fundamentos da Terra, do local, de fatos, de uma matéria que ocupa um determinado lugar, como se as coisas surgissem no espaço. Há, portanto, a necessidade de um espaço, e intrínseco a narrativa, uma sucessão de fatos que vão acontecendo no *locus*, caracterizando um movimento que, por sua vez, só pode ser gerado pelo tempo. Noite e dia são sucessões de fatos, que surgem na criação, que servem de pano de fundo para as explicações físicas terrestres. A Terra, na narrativa, é gerada por si, em um movimento que justifica seu local no espaço.

Com o passar do tempo, a dispensa de algumas crenças mitológicas e o fundamento do método científico, as questões espaço-temporais tomaram outro rumo, e passaram a ter uma análise dentro de concepções científicas dedicadas, como uma área ampla no estudo da Física ou mesmo da Geografia. É claro, a filosofia não deixaria de questionar sobre aquilo que sempre permeou as suas rodas de discussão. E, não obstante, se encontra vasto material bibliográfico na contemporaneidade filosófica, para uma série de assuntos vinculados as noções espaço-temporais.

Mas por qual motivo se faz uma exposição mitológica de criação para se abordar questões espaço-temporais? A resposta é mais simples do que possa parecer; questões sobre o espaço e o tempo são interdisciplinares. É basicamente isso que constituí a abordagem inicial, e de forma alguma despropositadamente. Questões podem insurgir sobre a eficiência, e também em certo aspecto sobre a possibilidade, da filosofia lidar com noções primordiais de espaço e tempo, haja vista o seu grande desenvolvimento atual na área da física. Denota-se, diante de vasta bibliografia, que espaço e tempo não se restringem a uma determinada área, mas na verdade, constituem a base da compreensão, quando abordadas, em qualquer área que seja.

Não obstante, as noções espaço-temporais mais aproximadas das questões científicas, mais divulgadas ao público geral e mesmo acadêmico, suscitam abordagens na literatura, na música, no cinema e nas mais variadas vertentes artísticas. Quanto à abordagem na literatura, muito antes da contemporaneidade já se tratavam de questões espaço-temporais, e a isso expõe Tolkien (2013, p.13) “A magia do reino encantado não é um fim em si, sua virtude residem nas suas operações, entre elas a satisfação de certos desejos humanos primordiais. Um desses desejos é vistoriar as profundezas do espaço e do tempo, outro [...] é entrar em comunhão com outros seres vivos.”. No cinema e na música, conceitualmente encontram-se obras sobre viagem

no tempo, viagem nas estrelas, movimentação física em relação ao espaço. Todas estas, questões intrinsecamente relacionadas com a temática a ser abordada.

Tudo isso fomenta um intenso relato sobre a importância do estudo e compreensão do que é o espaço e o tempo, quais condições, em diferentes teorias, fomentam o estudo da conceituação de ambos. O objetivo da exposição de tantas vertentes do espaço e tempo não é, de modo algum, abarcar todas em uma única concepção, é apenas o de justificar a abordagem da temática em uma contemporaneidade, de justificar a incompletude de uma teoria que sempre terá seu espaço no meandro filosófico.

O principal objetivo deste trabalho é estrito, e disso que se tratará a partir daqui. A questão do espaço e tempo na filosofia pode começar ainda no período antigo<sup>1</sup>, na Grécia, com questões de interpretação das coisas do mundo. Ainda assim, não é a partir disso que se discursará. Nosso ponto de partida data de uma teorização moderna, que concatena versões anteriores e formula objetivamente uma perspectiva espaço-temporal, que culminará em uma influência forte para a ciência e a filosofia na modernidade. Partiremos das influências diretas recebidas por Immanuel Kant, como Isaac Newton e Gottfried Leibniz, para depois adentrar na concepção filosófica kantiana sobre o espaço e o tempo, e aí sim, dar vazão ao trabalho pretendido.

É importante destacar que muito conhecimento relevante se ignorará neste texto, não por não ser importante a retomada dos fundamentos clássicos das questões que fomentam construções teóricas em relação ao espaço e ao tempo, mas por uma simples questão metodológica. Iniciaremos a descrição espacial por Newton, especificamente por exponenciar um contexto de época e caracterizar uma linha de pensamento constituidora de um paradigma histórico na Física.

De outro modo, não iniciaremos por Galileu Galilei, ou Giordano Bruno, ou mesmo Aristóteles, Pitágoras ou Tales de Mileto, porque um apanhado histórico de tal amonta consumiria o objetivo claro do texto que se segue: a análise comparativa entre as teorias de Kant e Einstein. Esclareceremos, entretanto, o que julgamos pressupostos básicos para a compreensão das teorias que fundamentam este trabalho. Este aspecto é de consideração aos teóricos que objetivamente influenciaram tanto Kant quanto Einstein em suas concepções.

---

<sup>1</sup> Com os cinco paradoxos de Zenão, por exemplo, que visam desafiar as propriedades espaço-temporais; o mais famoso, talvez, seja a narrativa da corrida entre Aquiles e uma tartaruga, em que Aquiles deve sempre correr metade do percurso percorrido pela tartaruga, dessa forma sem nunca a alcançar, subdividindo o espaço em infinitas pequenas porções.

O que se pretende abordar não trata de um simples contraponto teórico, embora tenha um potencial de desenvolvimento muito superior ao que será descrito. É notório que, a partir de prerrogativas contemporâneas, possamos utilizar o contraponto a fim de justificar uma teorização filosófica atual sobre uma teoria do conhecimento, e nisso constitui o fato de que o texto possa servir de pano de fundo para uma concepção mais elaborada.

De forma mais objetiva, e explicitando as teorias em termos mais modestos, inicialmente se construirá uma concepção espaço-temporal que, vigente durante a modernidade, influenciou substancialmente o pensamento kantiano. Com Newton e Leibniz e suas discussões sobre o espaço e o tempo é que se constitui o arcabouço teórico que influencia substancialmente Kant em sua formulação sobre o espaço e o tempo tangendo uma concepção epistemológica, mas ainda assim remetendo a uma metafísica. A teoria do conhecimento do mundo passa por pressupostos metafísicos.

O espaço e o tempo, em Newton, constitui uma fundamentação basicamente herdada e desenvolvida para o estudo da ciência da física, e nesse molde, compreensão do mundo a partir dessa ciência. A concepção newtoniana de espaço, a princípio, indica não o espaço como um pano de fundo da matéria em si, mas algo como uma grande caixa onde tudo que há se posiciona, onde tudo que há se encontra inserido. Quanto ao tempo, não tem uma perspectiva mais diferente do que uma exposição tanto física, no que tange ao ocorrer das coisas, quanto também psicológica, nesse último consiste a marcação do tempo, que não necessariamente se fundamenta no movimento de translação da Terra. O tempo possui uma realidade própria, tanto quanto o espaço, e ambos constituem, de forma isolada, a possibilidade da existência das demais coisas.

Tanto quanto a noção newtoniana, será exposto parte do que consiste na elaboração de Leibniz quanto ao espaço e o tempo. Também tomando por conceituações isoladas, Leibniz nega uma realidade espaço-temporal, de forma estritamente física, como consiste em Newton. Uma herança do racionalismo cartesiano pode ser encontrada na noção relativista de Leibniz, e a sua conceituação consiste na ideia de que o espaço só pode ser percebido quando percebida a existência de objetos, e relativamente entre eles insurge o espaço, e, portanto, a sua conceituação. O tempo também é relativo, e só pode ser concebido a partir da percepção da sucessão dos momentos. A argumentação é fundamentada em relação a violação do *princípio da indiscernibilidade dos indiscerníveis*, como se apresentará no próximo capítulo.

Toda essa apresentação acerca das concepções de espaço e tempo em Leibniz e Newton servirá para contextualizar o pano de fundo teórico em relação ao qual Kant desenvolve a sua argumentação. A ideia de selecionar os dois autores não significa que outros não tenham o

influenciado, apenas consiste em um apanhado maior de ideias, que pode sintetizar o contexto e fornecer dados para a interpretação da teoria kantiana. Kant fundamenta suas noções de espaço e tempo a fim de que funcionem como mecanismo para a compreensão da realidade e interpretação dos *fenômenos*. Espaço e tempo são, ainda, coisas isoladas, que se fundamentam metafisicamente mas possuem implicações epistemológicas. Tanto espaço quanto tempo são instâncias *puras*, intramentais, que possibilitam a apreensão estética do mundo, portanto, são formas puras da sensibilidade, e se constituem aprioristicamente.

Isso será visto logo no primeiro capítulo, após a contextualização já citada. Essa noção de Kant fundamenta um apanhado filosófico acerca do espaço e do tempo, de modo que concatena concepções racionalistas e empiristas, e ainda assim abandona as teorias no seu cerne. Há uma interação entre ambas, embora espaço e tempo sejam aspectos psicológicos, elas possibilitam a compreensão e interpretação de fenômenos físicos, reais e que constituem a base do conhecimento humano; a base porque a sensação é necessária quando se trata da constituição do conhecimento em Kant.

Mas com o foco é a perspectiva acerca do espaço e do tempo, a análise termina na exposição destes. Um segundo capítulo é constituído a fim de expor, agora, não mais o espaço e o tempo como fundamentados metafisicamente, mas pelo contrário, fisicamente. É, para tanto, abordada a teoria einsteiniana da relatividade, seja em sua relatividade restrita quanto em sua relatividade geral, e a partir disso é que se fomenta a exposição espaço-temporal, nesse caso não mais como conceitos separados, mas como relação estrita e necessária. Espaço e tempo se entrelaçam, e qualquer alteração em um deles, modifica necessariamente o outro, além da velocidade e da massa serem indicativos totalmente necessários acerca da conceituação pretendida.

Em um terceiro, e último, ponto, compararemos as teorias a fim de verificar se é possível que ambas sobrevivam em comuta. A questão central é a de se há possibilidade da permanência de uma estrutura kantiana do espaço e tempo em um período posterior ao da fundamentação da teoria da relatividade. Em resumo, far-se-á um contraponto entre as teorias, verificando se o espaço e o tempo podem permanecer como *formas puras da sensibilidade* mesmo depois de constatadas evidências físicas de ambos.

Ainda assim, mesmo qualquer que seja o resultado da análise, espaço e tempo continuam, como suscitado no início desta introdução, podendo ter uma abordagem em qualquer que seja a área do conhecimento que se designe a fazê-lo, seja na literatura, na filosofia ou na física. As questões sobre o conhecimento, especialmente o conhecimento de base, vão além de um único âmbito teórico, e é isso que constitui a possibilidade de ainda hoje, depois de

tantos teóricos, o assunto permanecer inesgotado. Justificaremos mais detalhadamente, portanto, o que consideramos importante para análise na filosofia, sem que pequemos no abandono da transversalidade<sup>2</sup> que a disciplina, especialmente na contemporaneidade, demanda.

---

<sup>2</sup> Nesse sentido são trazidos conceitos da física para que sejam inteirados e trabalhos de maneira filosófica, sem um comprometimento fundamental em uma exposição empírico-matemática dos termos abordados, que é como a física faz quando trata dos conceitos que aqui também são tratados.

## 2 Sobre o Espaço e Tempo em Kant

### 2.1 Contextualização histórica – Newton e Leibniz

As noções de espaço e tempo, como exposto na introdução, podem decorrer de diferentes concepções em diferentes períodos históricos, o que causaria um extenso apanhado teórico se colocado à disposição um relato linear dessas teorias. Quanto a abordagem da teorização do espaço e tempo em Kant, é necessário partir de alguns pressupostos básicos, que exigem uma elucidação e esclarecimento. Para tanto, se partirá das visões newtoniana e leibniziana de espaço e tempo, a fim de chegar em uma concepção kantiana que congregue a teoria empirista com a racionalista.

A perspectiva espaço-temporal kantiana está imersa na influência daqueles que exponenciaram historicamente a discussão sobre a temática. Inegável é o fato da influência tanto newtoniana quanto leibniziana na relação de Kant com a ciência moderna. Toda concepção da *Estética Transcendental* é fundamentada no objetivo de teorizar e elucidar acerca de questões que não se encontravam elaboradas satisfatoriamente. Embora houvesse um grande apreço teórico da parte de Kant para com seus influenciadores, não havia concordância no que tange à concepção de espaço e tempo, ao menos uma concordância que o levasse a um engajamento com alguma dessas teorias pré-formuladas.

Já no próprio contexto de formulação teórica por Newton, havia quem se aventurasse a discordar do aclamado gênio da física. O teórico defendera uma noção absoluta do espaço e tempo,

Newton havia considerado necessário imaginar o espaço como um recipiente e o tempo como um rio. O recipiente imaginário existia sem nenhum conteúdo físico. E o rio metafórico fluía em uma taxa constante, independente dos objetos materiais. Todos os objetos no mundo empírico poderiam ser localizados em relação ao espaço e tempo absolutos. (WEINERT, 2005, p. 585-586)<sup>3</sup>

Ou seja, para Newton, tanto espaço quanto tempo são condições empíricas, são coisas *de fato*, que possibilitam a percepção dos demais objetos do mundo. A concepção funciona de forma que o espaço é comparável a uma grande caixa, pelo fato dos objetos serem inseridos nela; e o

---

<sup>3</sup> “Newton had regarded it necessary to imagine space as a container and time as a river. The imaginary container existed without any physical content. And the metaphorical river flowed at the constant rate, irrespective of material objects. All objects in the empirical world could be placed with respect to the absolute space and time.” [Tradução no corpo do texto nossa].

tempo é uma entidade abstrata que funciona como um rio, mas não depende de objetos materiais. O tempo é, no fundo, uma *estrutura* que independe das coisas.

Importante se faz destacar o princípio que levara Newton a buscar tais prerrogativas teóricas, que se fará de extrema importância posteriormente em Kant. O contexto de formulação teórica sobre uma concepção de espaço, tempo e movimento em Newton remete a toda obra newtoniana, mas são mais claramente expostos em um texto intitulado *De Gravitatione* (1680). O objetivo por detrás de formular uma concepção espaço-temporal própria<sup>4</sup> é em relação a ofertar uma contraparte teórica ao racionalismo cartesiano, que implica uma divisão de mundo entre a *res cogitans* e a *res extensa*, e também uma oposição especial a noção de espaço relativo.

Como a teoria cartesiana acabou influenciando muita gente, e a partir do *cogito*, suscitou o que Newton compreendia como uma *ateização* da filosofia natural, do mundo empírico, o espaço, a partir da formulação newtoniana, segue uma linha diferenciada e é enunciado como algo que “[...] não pode ser apenas a consequência da relação entre corpos, precisa ter existência concreta e necessária, desde que o ser precisa necessariamente existir em algum lugar e Deus precisa existir em todos [...]” (BARBATTI, 1997, p. 61).

Isso contrasta com a formatação cartesiana, que se apercebe a partir de sua definição de *movimento*: “O movimento, de acordo com ‘a verdade da matéria’, é definido como ‘a translação de uma parte da matéria, ou de um corpo, a partir da vizinhança dessas corpos, que são imediatamente contíguos a eles e visualizados com que em repouso, para a vizinhança dos outros’” (RYNASIEWICS, 2014, p. 10-11)<sup>5</sup>. São essas afirmações suscitadas pelo racionalista, e que levará Descartes a formular o seu cogito, que incomodam profundamente Newton e o faz pesquisar no campo, a fim de definir o espaço como algo físico e absoluto. A teoria cartesiana é retomada em Leibniz, de forma mais contundente e contraposta a Newton, novamente, a fim de justificar a concepção de espaço como algo percebido a partir da relação dos corpos.

Há uma série de argumentos formulados por Newton para contrapor a tese cartesiana, e no tocante a espaço e tempo, em especial a noção de espaço, o *De Gravitatione* é satisfatório em suas explanações. Quanto à noção de tempo, é mais compreensível a abordagem travada posteriormente, no *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural* (1687); há aí uma definição

---

<sup>4</sup> Quando se fala em teoria própria há de se levar em consideração as influências teóricas, conforme exposto por Barbatti (1996, p. 69), no caso de Newton, em especial, surgem os nomes de Pierre Gassendi, Henry More e Isaac Barrow.

<sup>5</sup> *Motion, according to ‘the truth of matter’, is defined to be ‘the translation of one part of matter, or one body, from the vicinity of those bodies, which are immediately contiguous to it and are viewed as if at rest, to the vicinity of others’.* [Tradução no corpo do texto nossa].

do tempo como propriedade imaterial, que não tem relação com o mundo e não pode ser afetado por perspectivas físicas, o que concerne ao tempo um caráter absoluto e imutável.

No *Scholium*, do *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, Newton (1983, p. 8), em um ataque a noção relativística de espaço e tempo, discorre o seguinte argumento: “Direi, contudo, apenas que o vulgo não concebe essas quantidades senão pela relação com as coisas sensíveis. É daí que nascem certos prejuízos, para cuja remoção convém distinguir as mesmas entre absolutas e relativas, verdadeiras e aparentes, matemáticas e vulgares.”. O ataque ao modelo racionalista cartesiano já se torna evidente, de forma que nas explicações que prosseguem se tornam ainda mais contundentes. Cabe, portanto, expressar a definição de tempo explicitada por Newton, tanto quanto a noção de espaço, que segue a ordenação proposta já no *De Gravitatione*.

Comumente o tempo vinha sendo tratado como fluxo do movimento, e abstraído justamente a partir do movimento. No contexto de época isso remetia a faculdades astronômicas. Contudo, afirma Newton (1983, p. 8):

O tempo absoluto, verdadeiro e matemático flui sempre igual por si mesmo e por sua natureza, sem relação com qualquer coisa externa, chamando-se com outro nome ‘duração’: o tempo relativo, aparente e vulgar é certa medida sensível e externa de duração por meio do movimento (seja exata, seja desigual), a qual vulgarmente se usa em vez do tempo verdadeiro, como são a hora, o dia, o mês, o ano.

Há, portanto, uma divisão entre o tempo como objeto de estudo e o tempo *verdadeiro*: em que o tempo relativo remete a medidas particionadas de tempo, abstraídas do movimento das coisas e que estão sujeitas a modificação, já que pode haver retardamento ou aceleração e, portanto, alteração do período temporal. O tempo absoluto, entretanto, “não é outra coisa do que a duração ou perseverança da existência das coisas” (RYNASIEWICZ, 2014, p. 13-14)<sup>6</sup>.

Quanto ao espaço, ainda no *Scholium*, Newton expõe as características apresentadas previamente; o espaço absoluto não possui diretamente relação entre a externalidade, não é relativo as coisas que estão no mundo. O espaço absoluto é algo em si, uma espécie de pano de fundo para formatação da realidade: “O espaço absoluto, por sua natureza, sem nenhuma relação com algo externo, permanece sempre semelhante e imóvel.” (NEWTON, 1983, p. 8).

Tal concepção<sup>7</sup>, já em sua época, encontrou contrapartes; a mais contundente foi proveniente de Leibniz, que não aceitava uma perspectiva de espaço absoluto, e acabara por se

<sup>6</sup> “[...] is nothing other than duration or the perseverance of the existence of things [...]” [Tradução no corpo do texto nossa].

<sup>7</sup> Se faz importante situar que as concepções tratadas dos autores correspondem, nesse trabalho, a uma noção veiculada como mais completa, ou mais madura. Nesse caso, não é o objetivo discutir relações entre o jovem Newton e um Newton maduro, ou mesmo entre um jovem Leibniz e um Leibniz maduro, que, segundo Sapunaru

apoiar em uma concepção relativista acerca da concepção do espaço e tempo. Se destaca aqui o fato de Leibniz não ter se contraposto diretamente a Newton, mas sim a Clarke<sup>8</sup>, um newtoniano que resolvera arguir com Leibniz, por cartas, acerca das noções de espaço e tempo. A discussão entre essas teorias é importante pois é a herança teórica que Kant administrará, e, de certo modo, divergirá, no intuito de relacioná-las e, a partir disso, redimensionar a percepção do mundo.

Enquanto, para Leibniz, tanto espaço quanto tempo são instâncias relativísticas, de cunho mais racionalista, para Newton, são características mais realistas, fisicalistas. Tal divergência de opinião pode ser percebida na exposição teórica leibniziana.

Em particular, Leibniz pensou que o princípio da identidade dos indiscerníveis mostrava que não pode haver tempo absoluto, nem espaço absoluto. Leibniz mantém uma visão muito mais empírica do espaço e tempo: eles são relações entre eventos. Isto é, o espaço é a coexistência de eventos reais e possíveis, e o tempo é a ordem de sucessão dos eventos que coexistem. Os humanos adquirem as noções de espaço e tempo através da interação deles com o mundo empírico. Eles experienciam eventos coexistentes e sucessivos e batizam-nos espaço e tempo. (WEINERT, 2005, P. 586).<sup>9</sup>

Como é evidente, essa perspectiva leibniziana diverge muito da concepção absolutista do espaço e tempo newtoniano. Essa discussão teórica da época não fora, de certa forma, levada ao esgotamento. Newton granjeara grande respeito a partir de seu desenvolvimento na física, e eram essas noções desenvolvidas em relação aos princípios mecânicos que influenciavam a sua concepção de espaço e tempo; que certamente levavam sua teoria a maior credulidade diante da sociedade científica frente à teoria de Leibniz.

A teoria de Leibniz não se reduz a troca de cartas com Clarke, mas ali é perceptível as críticas feitas a concepção do espaço e tempo absolutos, com suas enumeradas razões para concebê-lo.

[...] as diferenças entre Leibniz e Newton apontadas na correspondência com Clarke seriam muitas [...], a saber: a) se Deus agiria ou não de forma mais regular e perfeita; b) se Sua máquina seria sujeita a desordens que O obrigariam a fazer ‘consertos extraordinários’; c) se a vontade de Deus poderia agir sem razão; d) se o espaço seria um ser absoluto; e) se os milagres eram

---

(2010, p. 52), divergem substancialmente entre as concepções do mesmo autor. Sendo assim, a fim de contextualizar melhor, partiremos de uma espécie de teoria última dos autores que compõe a discussão sobre espaço e tempo precedentes a Kant.

<sup>8</sup> Samuel Clarke fora um filósofo inglês, defensor das ideias newtonianas frente ao pensamento cartesiano dominante na universidade da época.

<sup>9</sup> *In particular Leibniz thought that the principle of the identity of indiscernibles showed that there could be no absolute time, no absolute space. Leibniz holds a much more empirical view of space and time: they are relations between events. That is, space is the coexistence of actual and possible events, and time is the order of succession of coexisting events. Humans acquire the notions of space and time through their commerce with the empirical world. They experience coexisting and succeeding events and baptize them space and time.* [Tradução no corpo do texto nossa].

correções ou concessões Divinas; f) se o espaço seria um órgão sensitivo de Deus; g) se o espaço era ou não divisível; h) se o espaço seria substancial ou accidental; e i) como se deu a criação divina [...]. (SAPUNARU, 2010, p. 17-18)

São justamente essas questões que ajudam a esclarecer uma posição leibniziana, na medida em que o filósofo expressa seu ponto de vista a partir do debate com Clarke. Leibniz não coaduna com a teoria de um espaço e tempo absolutos, e para tanto faz uma crítica a partir de, basicamente, dois princípios que impediriam uma noção de espaço e tempo absolutos. Em um primeiro momento, o *princípio da razão suficiente*, indicando que não há nada no mundo que aconteça sem uma razão determinante, isto é, uma causa. Seguindo o raciocínio anterior, deriva a ideia de um *princípio da identidade dos indiscerníveis*<sup>10</sup>, e aí sim há apontamentos contra a teoria de um espaço e tempo absolutos.

Com a *identidade dos indiscerníveis* Leibniz fundamenta uma argumentação lógica a fim de levar a inconsistência o argumento newtoniano. Há postulados que identificam o espaço como algo não constituído por matéria, mas absoluto em termos de recepção da matéria e também infinito em limites. Para tanto, uma razão suficiente pode organizar uma sequência material dentro desse espaço como bem entender, criando um universo A.

De outra forma, essa razão suficiente poderia ter ordenado esse universo em pontos diferentes, gerando um universo B, que, como o espaço fundamenta-se uniformemente, não divergem seus pontos. Isso significa, no fundo, que tanto a disposição A quanto B não teriam diferenças, comportando-se de forma igual: indiscernível. Isso é contraposto ao fato de que um Deus racional não poderia distinguir entre os pontos, já que são indiscerníveis, e isso destituiu a validade argumentativa de um espaço absoluto, que fora predito anteriormente. Quanto a destituição do tempo como absoluto o argumento é semelhante, só se substituiu a disposição da matéria a partir de Deus pelo momento de criação das coisas, o que implica um princípio da sucessão da matéria.

A crítica leibniziana é fundada a fim de destituir a perspectiva newtoniana, e assim Leibniz adota não uma noção de espaço e tempo absolutos, mas sim relativos. Leibniz afirma que “Quanto a minha própria opinião, tenho dito mais de uma vez, que considero o espaço ser algo meramente relativo, assim como o tempo é, que considero [o espaço] ser uma ordem de

---

<sup>10</sup> O princípio da identidade dos indiscerníveis consiste, segundo Forrest (20, p. 01), em: “A identidade dos indiscerníveis (doravante denominado princípio) é normalmente formulado da seguinte maneira: se, para cada propriedade F, um objeto X possuir F se e somente se um objeto Y possuir F, então X é idêntico a Y.” (*The Identity of Indiscernibles (hereafter called the Principle) is usually formulated as follows: if, for every property F, object x has F if and only if object y has F, then x is identical to y.*) [Tradução nossa].

coexistências, como o tempo é uma ordem de sucessões” (LEIBNIZ, G VII.363, apud MCDONOUGH, 2014, p. 42).<sup>11</sup>

Isso fora já bem exemplificado por Leibniz, e também é encontrado em comentadores<sup>12</sup> como forma de esclarecer a perspectiva sobre espaço e tempo no filósofo; se trata de um exemplo relacionando o espaço como uma árvore genealógica. O raciocínio indica que uma árvore genealógica não existe independente e primeiramente em relação aos seus membros. Muito pelo contrário, ela só faz sentido quando as relações entre os membros desse conjunto indicam os graus de parentesco e vão formando ramificações; é dessa forma que a árvore adquire um estatuto real. Uma árvore genealógica não existe independente de seus membros, ela é, na verdade, uma relação de graus de parentesco que se configuram em conjunto, e, dessa forma, permitem a percepção da árvore genealógica em seu contexto global. Análoga seria a relação entre espaço e objetos.

O impacto na proposta kantiana, em relação a essas duas concepções, subjaz não só na relação de desenvolvimento inédito na área, mas também de revisão das propostas antecedentes. Newton apresentara características absolutas para o espaço e o tempo, em que eram propriedades em si, condições para os demais objetos. Já Leibniz expõe uma instância mais racionalista no tangente à compreensão da realidade, indicando uma percepção das condições a partir da relação das coisas do mundo e sua percepção.

Em resumo,

A concepção newtoniana do mundo físico é essencialmente mecânica e corpuscular. [...] Em contraste com a visão cartesiana dominante no período, de que as interações materiais se dariam por ‘contato’, a explicação newtoniana da gravidade permite que a matéria influencie a matéria [mesmo] à distância. (RAY, 1993, p. 140)

Isso significa que a proposta vigente, a ser rebatida por Newton, mantinha que só há interação material através do contato entre os objetos do mundo, o que já indica uma teoria do movimento. Newton, a partir da formulação do princípio gravitacional, acaba por provar que a interação material não necessita estritamente de contato, já que há uma força atuando na relação entre os objetos físicos. A concepção leibniziana, entretanto, é bastante divergente:

Leibniz traçou uma distinção entre o mundo ‘fenomenal’ das aparências e o mundo como ele realmente é: nossos sentidos dão acesso às aparências, mas só a razão permite levantar o véu da percepção. Ainda que nossos sentidos nos

<sup>11</sup> “As for my own opinion, I have said more than once, that I hold space to be something merely relative, as time is, that I hold it to be an order of coexistences, as time is an order of successions.” [Tradução no corpo do texto nossa, acréscimo nosso].

<sup>12</sup> A exemplificação pode ser vista de forma mais minuciosa, nos textos de McDonough, 2014, p. 42, e Ray, 1993, p. 143.

digam que o mundo consiste de objetos materiais que ocupam espaço e persistem através do tempo. (RAY, 1993, p. 142)

Para Newton, a concepção do mundo é material, física, a partir da interação com o mundo. Em Leibniz a razão toma o papel principal, isto é, é ela que determina nossa capacidade de percepção, sem que dominemos objetivamente as instâncias físicas, apenas o âmbito racional. É essa concepção que leva Leibniz a criticar a teoria newtoniana, em debates com Samuel Clarke.

Essa é a relação teórica que contextualiza o período em que Kant desenvolve seu pensamento. Tanto Newton com sua perspectiva materialista quanto Leibniz com sua noção mais racionalista<sup>13</sup> tiveram um impacto direto nas concepções kantianas acerca do espaço e do tempo.

O próprio pensamento sobre a epistemologia, de Kant, remete a estas discussões, já travadas, acerca do espaço e tempo. Sua perspectiva buscará conciliar uma noção empirista a uma visão também, de certa forma, racionalista acerca da compreensão e percepção do mundo. Nessa diretriz, Janiak (2012, p. 7) escreve que

Muitos intérpretes pensaram que na *Crítica da Razão Pura*, e particularmente na sua primeira seção, a *Estética Transcendental*, Kant tenta enfrentar as concepções “relativista” leibniziana e “absolutista” newtoniana de espaço com o idealismo transcendental. Como coloca Charles Parsons, “a questão entre o que são agora chamados absolutista e relativista concepções de espaço e tempo, representados paradigmaticamente por Newton e Leibniz” representam “o pano de fundo de todo pensamento [kantiano]” sobre espaço e tempo [...].<sup>14</sup>

As noções correspondentes ao absolutismo e ao relativismo são resgatadas na visão kantiana acerca do espaço e do tempo, junto com definições que cercam essa temática. Entretanto, tais referências podem ser encontradas de forma relacionadas, não mais de forma isolada e contraditória. Kant desenvolve, nas duas primeiras partes de sua *Crítica da Razão Pura* (CRP), um sistema para expor a forma de como apreendemos o mundo; uma teoria do conhecimento.

<sup>13</sup> Por conta de o espaço ser uma relação entre eventos, denota-se que só é compreendido de forma racional, não sendo evidenciado.

<sup>14</sup> “Many interpreters have thought that in the *Critique of Pure Reason*, and particularly in its first section, the *Transcendental Aesthetic*, Kant attempts to engage the Leibnizian “relationalist” and the Newtonian “absolutist” conceptions of space with transcendental idealism. As Charles Parsons puts it, “the issue between what are now called absolutist and relationalist conceptions of space and time, represented paradigmatically by Newton and Leibniz” represents “the background to all of [Kant’s] thinking” about space and time [...].”[Tradução no corpo do texto nossa]

## 2.2 Das definições primeiras da *Estética Transcendental*

Como há em Kant a pretensão de se formular uma explicação acerca da apreensão do mundo, inevitavelmente a discussão passará pelo relato do que tange o espaço e tempo. Entretanto, o filósofo não o faz sem antes elucidar noções importantes, que serão pressupostas para a compreensão de sua teoria. É nessas definições que as particularidades referenciadas começam a aparecer. Dentro desses condicionais Kant articulará uma concepção de mundo que transita entre condições apriorísticas e empíricas.

Há, portanto, esclarecimento acerca de noções dos termos como: *objeto, sensibilidade, intuição, entendimento e conceito*. Disso decorrem mais elucidacões internas a esses termos, como: *fenômeno, sensação, intuição empírica, matéria e forma*. Entre matéria e forma ocorre a distinção entre a noção *a priori* e a *posteriori*. Posteriormente há elucidacões acerca do significado de *puro*, ou *intuição pura*. Há, por fim, a clarificação do termo *Estética Transcendental*, como teoria primeira no âmbito transcendental dos elementos, divergindo da *Lógica Transcendental*, que remete ao âmbito do pensamento puro.

Tudo pode parecer um emaranhado conceitual confuso e desorganizado, mas isso é um erro crasso. Kant formula sim, de certa forma, um emaranhado conceitual, mas não significa que seja desorganizado; todas as definições são formatadas de forma a corresponderem com as definições seguintes. O que Kant faz no primeiro parágrafo da *Estética Transcendental* (ET) é justamente no tocante a definições prévias, a fim de delimitar o espaço daquilo que pertence somente ao escopo de percepção do mundo correspondente ao homem. As definições delimitam o escopo de pesquisa, e como fundamento metodológico isso é explorado por Kant em toda sua obra.

As primeiras definições de Kant sustentam uma relação pressuposta pela análise do sensível, em posterior. Essas definições delimitam o campo de análise, que acaba sendo exclusivamente o âmbito da intuição. A intuição, segundo Kant (CRP A20/B33)<sup>15</sup>, são “o modo e os meios pelos quais um conhecimento se possa referir a objetos”, isso indica que a interseção entre os objetos e o homem se dá pela intuição. Entretanto, a definição de intuição adentra em um âmbito ainda mais substancial: ela “apenas se verifica na medida em que o objeto nos for dado; o que, por sua vez, só é possível, [pelo menos para nós homens,] se o objeto afetar o espírito de certa maneira” (CRP A20/B33). O filósofo nomeará, posteriormente, essa capacidade do ser humano de afecção por objetos, de sensibilidade.

---

<sup>15</sup> A tradução da *Crítica da Razão Pura* utilizada neste texto remete a editada pela Fundação Calouste-Gulbenkian, como disposto nas referências.

Nesse caso, até então temos definido que os objetos são intuídos, na medida em que proporcionam algo a ser percebido pela sensibilidade. A sensibilidade, portanto, é o meio para chegarmos a intuições sobre objetos do mundo. Entretanto, a sensibilidade não é responsável pelo pensamento desses objetos; o que corresponde a isso é o entendimento<sup>16</sup>. Todavia, os objetos pensados só podem chegar até ali devido a, de forma primordial, terem sido intuídos pela sensibilidade<sup>17</sup>. Isso é exposto e explicado no texto de Pascal (2011, p. 49-50), que afirma o seguinte:

Portanto, não há intuição, a menos que um objeto nos seja dado. Mas como não há outros objetos dados ao homem que não sejam aqueles que lhe afetam o espírito, a faculdade das intuições será a sensibilidade ou capacidade de receber representações, ou a receptividade para as impressões (B33 [...]). Quer dizer: há somente intuições sensíveis; não existem intuições intelectuais, ao menos para o homem. Com efeito, numa intuição intelectual, o espírito dar-se-ia a si mesmo o objeto que vê; mas um tal modo de conhecer é privativo do Ser supremo: a intuição humana supõe que o objeto nos seja dado e que este nos afete o espírito. A sensibilidade é, precisamente, essa faculdade que possui nosso espírito de ser afetado por objetos.

O campo de atuação da sensibilidade é, portanto, puramente estético e, partindo disso, não remete a uma constituição mais elaborada correspondente ao pensamento. O pensamento corresponde diretamente ao entendimento, e esse viés não é mais puramente estético, ou seja, do âmbito da intuição. O entendimento é distinto da intuição: “Por contraste, o entendimento é a capacidade lógica e discursiva da mente, que produz conceitos como saídas, dadas intuições como entradas. Intuições e conceitos juntos constituem os elementos de toda nossa cognição [...]”<sup>18</sup> (HANNA, 2005, p.249). Em termos rudimentares, assim se constitui o entendimento, o qual não é objeto de análise.

Quanto a noção estética, que mais nos interessa, Kant ainda explora os conceitos: a nossa capacidade de representação, quando atingida pelo efeito de um objeto, é a sensação. As intuições que até agora foram propostas necessitam dessa sensação como caminho para atingir

<sup>16</sup> Aqui há espaço para algumas discussões. É certo que Kant descreverá como e o que é essa noção de entendimento e pensamento mais à frente em sua CRP, mas além disso há espaço para uma abordagem contemporânea, como feita por Robert Hanna (2005), relacionando os conceitos de *nonconceptualism* e *conceptualism* com as noções de intuição e entendimento. Para tanto o autor se propõe a demonstrar que a visão contemporânea de um *nonconceptualism* é idêntica a perspectiva kantiana de um conteúdo cognitivo intuído. De outro modo, uma Cognição conceitual (*conceptual cognition*), corresponde à teorização de conceitos. Em todo caso, o objetivo do texto não é abordar esta distinção em si, mas ela é importante nas definições do objeto de estudo, portanto, há de ficar claro que não se ignora a importância do outro lado da distinção entre intuição e conceito, mas há a penas a definição de abordagem do que se relaciona com o sensível, portanto, a intuição.

<sup>17</sup> A formulação teórica kantiana para a noção de entendimento é pautada em sua *lógica transcendental*, que se encontra posterior, justamente pelo fato de depender em determinado sentido, da *estética transcendental*.

<sup>18</sup> “By contrast, the understanding is the logical and discursive capacity of the mind, which produces concepts as outputs, given intuitions as inputs. Intuitions and concepts together ‘constitute the elements of all our cognition [...]’ [Tradução no corpo do texto nossa].

os objetos, e, portanto, são definidas como *intuições empíricas*. Essas intuições empíricas, através da sensibilidade, captam *fenômenos* proporcionados pelos objetos, e aqui está outro importante conceito, que será destrinchado por Kant.

O autor distingue, a partir da noção de fenômeno, duas outras noções: “Dou o nome de *matéria* ao que no fenômeno corresponde à sensação; ao que, porém, possibilita que o diverso do fenômeno possa ser ordenado segundo determinadas relações dou o nome de *forma* do fenômeno.” (CRP, A20/B34). Surge então as clarificações de forma e matéria<sup>19</sup>; nesse sentido, a matéria assume uma relação com o que contém a sensação. As noções de forma e matéria constituem-se intrínsecas a elucidação da noção de fenômeno por serem duas partes correspondes a possibilidade de conhecimento desses fenômenos. Nesse caso, “Kant entenderá por matéria o conteúdo da sensação, e por forma aquilo que ordena tal matéria, ou lhe dá forma. Daí ser a matéria necessariamente a posteriori, ao passo que a forma deve ser a priori, isto é, deve ser fornecida pelo próprio espírito” (PASCAL, 2011, p. 51).

A matéria assume uma postura externa, mais relativa ao objeto que está no mundo, o objeto a ser percebido, nesse caso tomemos como exemplo a matéria constituinte de uma pedra. Por outro lado, a forma é aquilo que funciona internamente ao sujeito, de forma apriorística, em que o sujeito é capaz de afecção e determinação de uma forma à matéria, e isso o possibilitaria de perceber uma pedra enquanto tendo determinada forma. A matéria é a oferta do objeto para a sua percepção, enquanto a forma é a ordenação mental, intuitiva, da matéria segundo *determinadas relações*.

Quanto a isso expõe Kant (CRP A20/B34): “[...] segue-se que, se a matéria de todos os fenômenos nos é dada somente *a posteriori*, a sua forma deve encontrar-se *a priori* no espírito, pronta a aplicar-se a ela e portanto tem que poder ser considerada independentemente de qualquer sensação”. E, como exposto acima, matéria corresponde ao efeito de percepção do objeto, a forma é a afecção, mais especificamente, uma condição pressuposta para a afecção do sensível.

Ainda sobre as representações há mais definições em Kant. Agora o filósofo parte para uma análise um tanto mais densa da noção de forma, indicando que não é algo só e puramente racional, há também formas abstraídas da sensibilidade, que estão para além de formas do entendimento. Essas são pautadas como *substância, força, divisibilidade*, etc., como formas

---

<sup>19</sup> Aqui, segundo Pascal (2011, p. 50-51), a terminologia de *forma* e *matéria* são iguais as trabalhadas pelos escolásticos, e, por conseguinte, tem influência aristotélica. A matéria, portanto, é um correspondente material, enquanto a forma é a ordenação da matéria. Kant utiliza isso em um viés mais adaptado ao seu formulado fenomenológico, de modo que a matéria é inerente ao corpo externo, ou fornecida por ele, enquanto a forma é própria da ordenação do pensamento do sujeito que percebe o objeto.

relativas ao entendimento, de outro lado, *impenetrabilidade, dureza, cor*, etc., relativo a uma forma da sensibilidade. Dessa análise, segundo Kant, sobram duas noções, as quais são *extensão e figura*. Essas quais não fazem parte nem de uma intuição racional, tanto quanto não pertencem a uma intuição sensível.

Nessa questão sobre extensão e a figura, portanto, Kant as coloca com papel de *formas puras*, o que caracteriza mais uma definição, explicada pelo próprio autor.

Chamo *puras* (no sentido transcendental) todas as representações em que nada se encontra que pertença à sensação. Por consequência, deverá encontrar-se absolutamente *a priori* no espírito a forma pura das intuições sensíveis em geral, na qual todo o diverso dos fenômenos se intuí em determinadas condições” (CRP A20/B34).

Isto é, extensão e figura são formas puras, encontradas a priori na mente, e é isso que constitui o objeto de pesquisa da ET. Vejamos; desde uma primeira definição abriu-se um leque de definições até se encontrar objetos que dizem respeito a percepção, mas que não correspondem nem ao sensível, nem ao racional. São condições inatas do ser humano e necessárias à compreensão do mundo. A *estética transcendental*, que nomeia o capítulo, é justamente a ciência que aborda as *formas puras da sensibilidade a priori*.

Todas as definições até então descritas são metodicamente cruciais para à compreensão do que se entende por estética transcendental e sua abordagem frente a possibilidade do conhecimento. Os termos definirão o meio de captação do mundo físico e possibilitarão o desenvolvimento da análise das *formas puras*. O intuito da ET é apresentado por Kant (CRP A22/B36), indicando que

Na estética transcendental, por conseguinte, isolaremos primeiramente a sensibilidade, abstraindo de tudo o que o entendimento pensa com seus conceitos, para que apenas reste a intuição empírica. Em segundo lugar, apartaremos ainda desta intuição tudo o que pertence à sensação para restar somente a intuição pura e simples, forma dos fenômenos, que é a única que a sensibilidade *a priori* pode fornecer. Nesta investigação se apurará que há duas formas puras da intuição sensível, como princípios do conhecimento *a priori*, a saber, o espaço e o tempo, de cujo exame nos vamos agora ocupar. [Grifo do autor]

E tal trecho se faz claro frente ao objetivo de Kant; já expondo a interligação dos termos descritos na parte inicial, o objetivo do capítulo é conceber aquilo que é da amonta da própria sensibilidade enquanto intuição empírica, sem intervenção do pensamento. Outro ponto, decorrente do primeiro, é o de elucidar aquilo que somente tem relação com a *intuição pura e simples*, sem considerar objetos da sensação. E, por fim, já adiantando os resultados há a afirmação de que será apurada duas *formas puras* de intuição sensível, que são de fato o fim de

investigação proposto; isto é, para Kant, o princípio do conhecimento sensível se dá pelas noções de *espaço* e *tempo*.

Essas noções são contrastantes com as teorias antecedentes (de Leibniz e Newton), pois há condições externas e internas ao homem frente a adoção das formas de espaço e tempo nessa nova perspectiva. A utilização das teorias e a influência de Newton e Leibniz no pensamento kantiano não se dá de modo diferente a uma explicitação kantiana dos erros teóricos de seus antecessores. Pascal (2011, p. 52) expõe exatamente essa ideia frente a interpretação espaço-temporal de Kant;

Que são, então, o espaço e o tempo? Dever-se-á considerá-los, com Newton, como seres reais, ou realidades absolutas que existem independentemente de todo conteúdo? Ou diremos como Leibniz, que espaço e tempo são meramente relativos, sendo o espaço a ordem das coexistências e o tempo a ordem das sucessões? Kant rejeita uma e outra tese, mostrando que o espaço e o tempo dependem unicamente da forma de nossa intuição, da constituição subjetiva do nosso espírito.

O contexto teórico acerca do espaço e tempo não se mostrava claramente definido para Kant, e por isso há a proposta de redefinição, agora a partir de uma realocação dos termos. Embora o espaço e tempo continuem como prerrogativas para a compreensão do mundo, tornam-se ainda mais importantes nessa via, pois passam a ser condições humanas para a compreensão dos objetos sensíveis. Kant retira o aspecto fisicalista das noções, seja com um realismo newtoniano ou uma espécie de racionalismo leibniziano, e atribui, tanto ao espaço quanto ao tempo, uma noção ontológica.

Seguindo as disposições primeiras da ET, analisaremos, agora estritamente, as noções de espaço e tempo em Kant, de modo que se possa fazer um paralelo com esses antecessores teóricos e que se visualize a mutação teórica e a abordagem particular do autor. Nesse caso, passaremos a investigação, em primeiro modo, do que constitui o espaço, em posterior, o que constitui o tempo, e, por fim, uma conclusão geral do capítulo.

### **2.3 A definição de espaço em Kant**

Para iniciar a exposição teórica acerca do espaço há necessidade de verificar a estrutura do texto que é proposta por Kant. Embora a formatação do autor não siga a ordem que se exporá aqui, há factualmente a princípio duas distinções; a primeira é em relação a uma *exposição metafísica*, a segunda uma *exposição transcendental*. No tocante a explicação do que é uma exposição metafísica, Kant (CRP A23/B38) apresenta a seguinte concepção: “Entendo, porém,

por *exposição* (expositio) a apresentação clara (embora não pormenorizada) do que pertence a um conceito; a exposição é *metafísica* quando contém o que representa o conceito enquanto dado *a priori*.”. Esse trecho é bastante claro, entretanto pode suscitar dúvidas quanto ao uso do termo “conceito”. Seguindo a análise de Janiak (2016 p. 13)<sup>20</sup>, aparentemente Kant apenas utiliza o termo como referência a *representação* ou *noção*, não no sentido que diz respeito ao conceito enquanto produto racional, objeto de estudo de outra parte de sua CRP.

Justificando essa passagem, Kant faz, em sua exposição metafísica, tanto do espaço quanto do tempo, uma apresentação do que justifica o que ele concebe pelas definições. Isso é, a exposição metafísica apresenta uma argumentação que expõe propriedades do espaço e do tempo. A exposição metafísica suscita pontos a fim de explicar o que é o espaço e o que é o tempo.

Isso difere do que na sequência se dá como exposição transcendental, também tanto do espaço quanto do tempo, que é a “explicação de um conceito considerado como um princípio, a partir do qual se pode entender a possibilidade de outros conhecimentos *a priori*” (CRP A25/B40). Nesse caso, a necessidade do espaço e tempo como pressupostos de outras noções *a priori* os firmariam como pressupostos transcendentais das condições de possibilidade da experiência. Isso é mais claramente exposto por Phipps (1877, p. 304): “Por exposição transcendental, Kant indica a exposição de uma concepção como princípio pelo qual as cognições *a priori* podem fluir; portanto, deve ser mostrado que eles fluem a partir desse princípio como explicado, e de nenhum outro”<sup>21</sup>.

A seguir, um primeiro ponto, portanto, é a definição metafísica de espaço, apresentado em quatro pontos essenciais, demarcados na obra. Quanto ao espaço em si, Kant afirma que é através dos nossos sentidos que temos acessos a objetos externos, que estão localizados no espaço, e é no espaço que se determina a grandeza e relação desse objeto apontado. Quando se trata de um *sentido interno* é o tempo que se responsabiliza pelas intuições, é o espírito que

---

<sup>20</sup> Em nota o autor explica melhor o que ele entende pela significação desse termo. Para Janiak: “Comentadores as vezes pensam que o uso de Kant de *Begriff* [conceito] aqui representa um problema, desde que Kant mesmo tenta mostrar que a representação do espaço não é *begrifflich* (conceitual) em caráter [...]. Mas *Begriff* também tem significado geral de noção ou uma representação, que parece ser usado aqui. O termo também tem um significado mais técnico no vocabulário kantiano – um observado acima – mas os dois não devem ser confundidos.” [Commentators sometimes think that Kant’s use of *Begriff* here presents a problem, since Kant himself tries to show that the representation of space is not *begrifflich* (conceptual) in character (see below). But *Begriff* also has the general meaning of a notion or a representation, which seems to be the usage here. The term also has a more technical meaning in the Kantian vocabulary—one noted above—but the two should not be conflated.]

<sup>21</sup> “By a transcendental exposition, Kant means the exposition of a conception as a principle from which cognitions *a priori* may flow; hence it must be shown that they do flow from that principle as explained, and from no other.”. [Tradução no corpo do texto nossa].

intuí a si mesmo, e as intuições do espírito não afetam o espaço, apenas observam sucessões temporais, puramente formais, isento de matéria, portanto interno.

O espaço kantiano é fundamentado a partir de uma sequência específica; a primeira condição proposta pelo autor aparece em A23/B38 da CRP e indica que nenhuma experiência física exterior é capaz de proporcionar uma *conceituação* do espaço, pelo contrário, toda e qualquer experiência de um objeto exterior ao homem já pressupõe uma noção de espaço. No justificar, afirma Kant, que “[...] para que determinadas sensações sejam relacionadas com algo exterior a mim [...] e igualmente para que as possa representar como exteriores [...] uma das outras, por conseguinte não só distintas, mas em distintos lugares, requiere-se já o fundamento da noção de espaço”.

O espaço, portanto, não pode ser uma experiência externa ao sujeito, tão logo que é pressuposto um espaço justamente para o que é externo e a ser percebido pelo sujeito. Ainda se faz importante ressaltar que Kant se aproxima e se afasta das teorias que o precederam; com o espaço sendo algo pressuposto para representações externas, parece indicar uma aproximação com o racionalismo. Não é o caso, estritamente, que Kant se aproxime disso, tendo em vista que relações de objetos situados no espaço não informam suficientemente uma relação espacial, o espaço pode não provir das experiências, como se daria em Newton, mas tampouco se dá pela relação de objetos porque a relação de objetos pressuporia a sensação dos objetos distintamente, e cada qual demandaria já a noção de espaço para ser percebido em sua individualidade.

A segunda condição é de que o espaço é *a priori*, isso porque, como anuncia-se em A24/B38-39 da CRP, sua aplicação é o que apresenta condição de possibilidade da percepção dos fenômenos. Nesse trecho consta que “Não se pode nunca ter uma representação de que não haja espaço, embora se possa perfeitamente pensar que não haja objetos alguns no espaço. Consideramos, por conseguinte, o espaço a condição de possibilidade dos fenômenos, não uma determinação que dependa deles [...]”.

Na explicação supracitada, Kant apresenta a noção de que o espaço surge como pressuposto da experiência, não como produto dela. Isso rebate de forma contundente um relativismo como base de fundação do espaço, porque é justamente a relação entre objetos que ofertaria a percepção de espaço para um relativismo: “A visão de que o espaço não pode existir independentemente dos objetos em um dado instante parece mesmo implicar que o espaço não pode ser totalmente desprovido de objetos.”<sup>22</sup> (JANIAK, 2016, p. 16).

---

<sup>22</sup> “The view that space cannot exist independently of objects at any given instant does seem to entail that space cannot be utterly devoid of objects.” [Tradução no corpo do texto nossa]

Logo no princípio é afirmado pelo filósofo que, embora seja impossível se pensar um objeto sem espaço, é possível se pensar um espaço vazio, sem objeto. Esse constitui o embate teórico com um relativismo, tendo em vista que em uma teoria newtoniana também é possível se pensar o espaço sem objetos. Para Janiak, esse parágrafo indica, no fundo, uma contraposição a um pensamento empirista, em que a percepção leva à noção de espaço.

O terceiro ponto de exposição metafísica do espaço se dá em A24-25/B39 da CRP, e tanto esse quanto o próximo parágrafo abordam a noção de que o espaço não é uma representação conceitual. Nesse caso “[...] ele [Kant] argumenta que nossa representação do espaço não é um conceito, mas é de fato uma intuição – é uma representação singular, imediata.”<sup>23</sup> (JANIÁK, p. 18, 2016).

O objetivo desses próximos dois parágrafos é o de explicitar o espaço como uma intuição pura, *a priori* e, portanto, diferenciá-lo da noção conceitual, que seria puramente racional. Kant (CRP A24-25/B39) afirma que

O espaço não é um conceito discursivo [...], um conceito universal das relações das coisas em geral, mas uma intuição pura. Porque, em primeiro lugar, só podemos ter a representação de um espaço único e, quando falamos de vários espaços, referimo-nos a partes de um só e mesmo espaço. [...] [que]<sup>24</sup> é essencialmente uno; a diversidade que nele se encontra e, por conseguinte, também o conceito de espaço em geral, assenta, em última análise, em limitações. [...] o fundamento de todos os seus conceitos é uma intuição *a priori* (que não é empírica).

O que Kant quer significar com o exemplo das partes do espaço é de que há necessidade de explicar as partes independentemente da sua totalidade, dessa forma se teria um conceito de espaço, nesse caso. Pensemos, portanto, o conceito de animal racional; dele podemos separar as partes animal e racional, e explicá-las separadamente. Contudo, não parece ser isso que acontece com o espaço. Quando pensamos as partes do espaço, só podemos as representar como partes de um conjunto, isto é, toda parte do espaço é, na verdade, uma extração de um único espaço. As partes do espaço não são os seus constituintes, pelo contrário, só podem ser abstraídas de uma totalidade.

Dessa noção decorre uma importante evidência: para se representar qualquer ponto que seja no espaço, há já a necessidade do espaço como um todo. O espaço, portanto, não pode ser construído conceitualmente pelo raciocínio, não há possibilidade de o espaço ser um conceito descritivo: “O espaço não é conceptual. Com efeito, considerado do ponto de vista de sua

<sup>23</sup> “[...] he argues that our representation of space is not a concept, but is in fact an intuition—it is a singular, immediate representation.” [Tradução no corpo do texto nossa, acréscimo nosso].

<sup>24</sup> Acréscimo nosso.

compreensão, um conceito é constituído de elementos mais simples do que ele, ora, uma parte do espaço não é mais simples do que o espaço visto como um todo” (PASCAL, p. 53, 2011).

O quarto, e último, ponto de uma exposição metafísica do que constitui o espaço continua no intuito de expô-lo como uma noção apriorística, uma intuição que independe da experiência, pelo contrário, é exigida para qualquer experiência. Isso foge, a exemplo, da concepção de relação proposta por Leibniz, em que o espaço parece ser uma constituição racional do afrente de posição entre dois objetos. O espaço pareceria ser constituído por coisas mais simples e, portanto, poderia ser conceituado por elas. Isso não funcionaria com a argumentação de um espaço absoluto newtoniano, a saber, tão logo que um raciocínio semelhante poderia ser usado naquele. Entretanto, tampouco o espaço é algo físico, o espaço é uma intuição apriorística, demandada para os princípios da sensação, e ainda mais profundamente, do entendimento.

No quarto ponto Kant (CRP A25/B39-40) aponta que

O espaço é representado como uma grandeza infinita dada. Ora, não há dúvidas que pensamos necessariamente qualquer conceito como uma representação contida numa multidão infinita de representações diferentes possíveis (como sua característica comum), por conseguinte, subsumindo-as; porém, nenhum conceito, enquanto tal, pode ser pensado como se encerrasse *em si* uma infinidade de representações. Todavia é assim que o espaço é pensado (pois todas as partes do espaço existem simultaneamente no espaço infinito). Portanto, a representação originária de espaço é *intuição a priori* e não conceito.

Embora o espaço tenha uma edificação de infinitas partes inseridas nele, a representação do espaço não deve ser conceitual. Os conceitos podem se estender infinitamente em paralelo, ou seja, é possível se ter um número infinito de conceitos em um universo de conceitos, entretanto, esses conceitos não podem deter um número infinito de representações em si.

Vejamos como exemplo o conceito de homem: animal racional. Esse conceito, não contém em si uma infinidade de representações, como dito ser possível, entretanto é visualizável já, que, quando se define homem como animal e racional, se utiliza outros dois conceitos que constituem partes desse conceito. Isso significa que conceitos pressupõe uma explicação pelo que o constitui, porque “Se nossa representação do espaço fosse conceitual, seríamos obrigados a representar cada um desses constituintes a fim de representar o espaço em si mesmo, assim como somos obrigados a representar o metal para representar o ouro”<sup>25</sup> (JANIAK, p. 23, 2016).

---

<sup>25</sup> “If our representation of space were conceptual, we would be required to represent each of these constituents in order to represent space itself, just as we are required to represent metal in order to represent gold.” [Tradução no corpo do texto nossa].

Ora, afirma Kant, é justamente o inverso que ocorre com o espaço. *O espaço encerra em si infinitas representações*. Podemos falar de uma parte do espaço, e quando anexada ao conjunto, continua sendo exposta, mas não nos é permitido representar todas as partes do espaço para constituir uma conceituação dele. “O espaço só pode ser uma intuição, visto conter em si uma multidão infinita de representações, o que seria impossível se fosse um conceito, que é apenas a representação comum de uma multidão infinita de representações possíveis” (PASCAL, p. 53-54, 2011).

Isso constituiu, portanto, o espaço como uma intuição *a priori*, tendo em vista que: 1) as partes do espaço, necessariamente, demandam do espaço completo para serem representadas; 2) se o espaço precisa da representação de cada parte do espaço para ser também representado, então ele não poderia o ser, haja vista o fato de possuir infinitas partes, isso impede que o espaço seja conceitual, conforme proposto por Kant.

Esses quatro argumentos, portanto, têm o objetivo de fornecer a impossibilidade de o espaço ser conceitual. O espaço não é um objeto, e sim uma intuição, que oferta possibilidade de apreensão de um objeto, como explicado por Kant no início de sua ET. O próximo passo do autor é partir para o que ele chama de *exposição transcendental*. Nesse caso Kant passa a expor as decorrências do espaço como *intuição pura* para a concepção de *juízos sintéticos a priori*, como a geometria, por exemplo.

Kant expõe, portanto, a ideia da geometria enquanto ciência que determina sinteticamente as propriedades, isso significa que a geometria produz conhecimento, e dessa forma não é analítica, com propriedades tautológicas. Para que a geometria possa, aprioristicamente, determinar sinteticamente as propriedades e, sendo essas propriedades relativas ao espaço, Kant (CRP A25/B41) questiona-se, portanto:

Mas como poderá haver no espírito uma intuição externa que proceda os próprios objetos e que permita determinar *a priori* o conceito destes? É evidente que só na medida em que se situa no simplesmente no sujeito, como forma do *sentido externo* em geral, ou seja, enquanto propriedade formal do sujeito de ser afetado por objetos e, assim, obter uma *representação imediata* dos objetos, ou seja, uma *intuição*.

Na própria resposta proporcionada pelo filósofo já é possível a percepção da decorrência transcendental da noção de espaço como forma apriorística. O espaço é uma espécie de instância subjetiva do sujeito, não algo pertencente aos objetos do mundo, tampouco do mundo em si.

Sendo as proposições geométricas anteriores ainda as relações conceituais, e para que essas proposições geométricas que fundamentam uma noção de juízo apriorístico, há substancialmente a necessidade de o espaço ser constituído como anterior. Como aspecto

metafísico fundamentam-se as propriedades do espaço, como transcendentais as decorrências do fato de o espaço ser uma intuição pura. O espaço é, portanto, “uma forma do sentido externo em geral, ou seja, enquanto propriedade formal do sujeito de ser afetado por objetos e, assim, obter uma representação imediata dos objetos exteriores, ou seja, uma intuição [...]” (BETTENCOURT, p. 42, 2008).

## 2.4 A definição de tempo em Kant

Tanto quanto feito para elucidar a concepção de espaço, é feito para o tempo. Kant fundamenta uma noção explicativa para o tempo em cinco pontos, todos fundamentados em uma exposição metafísica, para depois partir para uma apresentação transcendental do tempo como, também, uma forma pura da sensibilidade, isto é, uma condição para a possibilidade de apreensão do mundo. As explicações, portanto, fundam-se nessas duas divisões, de forma análoga à concepção de espaço.

De forma mais direta, Kant inicia já em A30/B46 as definições metafísicas do tempo, com o primeiro ponto afirmando que, de forma similar com o que acontece com o espaço, o tempo não pode ser abstraído das experiências, haja vista a necessidade do tempo para que tenhamos tanto a compreensão de simultaneidade, quanto a compreensão de sucessividade das coisas do mundo. É pressuposto o tempo para que haja um movimento no mundo, é necessária a fluidez do tempo para que, a partir da percepção, possamos abstrair a movimentação temporal. Por isso é afirmado que

O tempo não é um conceito empírico que derive de uma experiência qualquer. Porque nem a simultaneidade nem a sucessão surgiriam na percepção se a representação do tempo não fosse seu fundamento *a priori*. Só pressupondo-a podemos representar-nos que uma coisa existe num só e mesmo tempo (simultaneamente), ou em tempos diferentes (sucessivamente). (KANT, CRP A30/B46)

Esse argumento é o inicial a fim de provar o espaço como forma pura da sensibilidade. O segundo argumento já vai um pouco mais longe e aponta o próprio tempo como fundamento das intuições, que de alguma forma é a decorrência da primeira argumentação, tendo a tendo a consciência de que a sucessividade e a simultaneidade só poderiam se dar no tempo. Como explicação Kant (CRP A31/B46) descreve:

Não se pode suprimir o próprio tempo em relação aos fenômenos em geral, embora se possam perfeitamente abstrair os fenômenos do tempo. O tempo é, pois, dado *a priori*. Somente nele é possível toda a realidade dos fenômenos. De todos estes se pode prescindir, mas o tempo (enquanto condição geral da possibilidade) não pode ser suprimido.

Nesse caso, a explicação dá a nota de que é impossível retirar a noção de tempo de qualquer que seja a relação fenomênica, isto é, qualquer que seja a percepção dos fenômenos, é impossível que se suprima dela a noção de tempo. Entretanto, é possível sim, em um recorte de tempo em que nele estejam inseridos os fenômenos. O tempo necessita, portanto, de uma noção primeira em relação a percepção dos fenômenos, e para isso precisa ser *a priori*. O tempo não pode ser removido de qualquer que seja a percepção fenomênica, porque qualquer que seja a percepção, ela deve estar ou em simultaneidade temporal, ou em sucessividade, dependendo da relação de percepção.

No terceiro ponto, a fim de explicar as relações de tempo, Kant continua na explicitação da necessidade do apriorismo do tempo. É necessário que o tempo seja uma condição a priori do conhecimento, considerando que dele flui possibilidade de princípios auto evidentes da própria relação de tempo. Tal como exemplificado no excerto de que

O tempo tem apenas uma dimensão; tempos diferentes não são simultâneos, mas sucessivos (tal como espaços diferentes não são sucessivos, mas simultâneos). Estes princípios não podem ser extraídos da experiência, porque esta não lhes concederia nem rigorosa universalidade nem certeza apodítica. (KANT, CRP A31/B47)

Aqui é apresentado o tempo como algo uno, sem a possibilidade de uma simultaneidade temporal que se abstraí, por exemplo, de uma concepção relativística das coisas. O tempo é um só, e sucessivo; ele flui em uma escala única para todos. Já o espaço é o contrário, nunca sucede a si mesmo, ele é fixo, de forma que só é possível recortes espaciais que estejam em simultaneidade, há só um grande espaço em que dele se podem fazer recortes, no tempo, há um momento temporal que é sucedido pelo próximo, e jamais encontram-se em paralelo. Isso, segundo Kant, não pode ser abstraído da experiência porque é pressuposto por ela. Por isso “ [...] os princípios apodíticos das relações de tempo ou os axiomas do tempo em geral, devem ter valor de regra, na medida em que são condições da possibilidade da experiência e, portanto, nos instruem antes e não mediante tal experiência” (BETTENCOURT, p. 39, 2008).

O quarto ponto apresenta a ideia de que o tempo não pode ser um conceito. Isso só vem a fim de sustentar ainda mais a ideia do tempo como a priori. Há necessidade de que o tempo seja uma forma pura da intuição. “Tempos diferentes são unicamente partes de um mesmo tempo. Ora a representação que só pode dar-se através de um único objeto é uma intuição.” (CRP A31/B47). E partindo de tal perspectiva apenas verifica-se uma conexão com a argumentação antecedente, partindo de decorrências lógicas. Existe um tempo, e parcelas temporais são abstraídas desse grande bloco. No tocante a noção de que uma representação de um único objeto é uma intuição, é um resgate as definições preliminares que iniciam a estética;

o tempo, como não é um conceito, funciona de forma a constituir as intuições da sensibilidade. Uma representação de um único objeto do mundo, por si só, é uma intuição, uma intuição do fenômeno, e isso não constitui nem mesmo um conceito do objeto, porque o conceito demanda que a intuição seja levada ao âmbito do entendimento.

A segunda parte da quarta exposição metafísica segue uma proposta mais direta. Nisso insurge um adendo a primeira parte, ambas focando na elucidação do tempo como algo não conceitual. Para tanto, descreve Kant (CRP A32/B47):

E também não se poderia derivar de um conceito universal a proposição, segundo a qual, tempos diferentes não podem ser simultâneos. Esta proposição é sintética e não pode ser unicamente proveniente de conceitos. Está, portanto, imediatamente contida na intuição e na representação do tempo.

Como já dito, tempos diferentes não podem ser simultâneos, pelo contrário, são sucessivos. A sucessão temporal só pode ser percebida, conforme indica Kant, de forma sintética, isso funciona de forma a indicar que uma propriedade intrínseca do tempo não poderia ser percebida através de um conceito do tempo, somente através de sua experiência. E como a sucessão ocorre inevitavelmente, ela contém-se na intuição, e por consequência, na representação do tempo. Em resumo do quarto argumento, “O tempo não possui propriedades subsuntivas de um conceito, pelas quais os objetos são reunidos *sob* um termo geral, mas, antes, as propriedades de uma intuição que coordena os objetos *em* uma intuição singular” (CAYGILL, p. 306, 2000).

Um quinto, e último, argumento em defesa do tempo enquanto intuição pura a priori fundamenta-se em um princípio da infinitude do tempo. Qualquer que seja o período temporal recortado a fim de se expor sobre, este período precisa, necessariamente, estar inserido em um contexto mais amplo, nesse caso, um tempo maior e único. O argumento se constitui integralmente na seguinte proposta:

A infinitude do tempo nada mais significa que qualquer grandeza determinada de tempo é somente possível por limitações de um tempo único, que lhe serve de fundamento. Portanto, a representação originária do *tempo* terá de ser dada como ilimitada. Sempre que, porém, as próprias partes e toda a magnitude de um objeto só possam representar-se de uma maneira determinada por limitação, a sua representação integral não tem que ser dada por conceitos, (pois estes só contêm representações parciais); é preciso que haja uma intuição imediata que lhes sirva de fundamento. (KANT, CRP A32/B47-48)

A primeira parte dessa exposição já foi mencionada acima, e de forma mais direta é o que foi explicado. A segunda parte da argumentação kantiana vem em decorrência da primeira, mas além disso, a noção de tempo ilimitado também é sustentada na prerrogativa de que podemos recortar qualquer que seja o período temporal, seja no passado, no presente ou no

futuro, e por podermos postular essas noções, já pressupomos uma perspectiva ilimitada do tempo.

Dessa forma, só podemos também questionar partes limitadas do tempo, o que não permite que a representação geral, universal, do espaço, se dê através de um conceito, pois esses conceitos só podem ser formulados da percepção de períodos temporais, não do tempo como um todo. Isso justifica o próprio tempo como uma intuição que fundamenta a sensibilidade. O quinto argumento, segundo Caygill (p. 307, 2000), indica que Kant

[...] concorda que o tempo é ilimitado e que determinadas grandezas de tempo ‘só são possíveis através de limitações de um tempo único que lhe serve de fundamento’ (A 32/B 48); não localiza, porém, esse tempo ilimitado no empíreo mas no ‘sentido interno’ que está na base de todas as aparências em determinados tempos (A 33/B 50).

No tocante à exposição transcendental do tempo, Kant se faz bem mais sucinto em relação à mesma exposição concernente ao espaço. Um pequeno parágrafo se põe a apresentar as decorrências do tempo como forma pura da sensibilidade *a priori*, nesse caso, as decorrências transcendentais do tempo. De forma análoga ao espaço, quando Kant cita *Exposição Transcendental do Conceito de Tempo*, ele não remete necessariamente a noção de que tempo é um conceito, mas usa o termo para referir-se a uma representação<sup>26</sup>.

Uma decorrência direta, e já tratada, da necessidade do tempo como forma pura é a própria decorrência do movimento: “[...] o conceito de mudança, e com ele o conceito de movimento (como mudança de lugar) só é possível na representação do tempo e mediante esta [...]” (KANT, CRP A32/B48). Tal fato é relativamente lógico de se compreender, haja vista a necessidade do tempo para que haja, factualmente, um movimento das coisas. Isso implica necessariamente o fato de o tempo ser uma forma pura da sensibilidade *a priori*, porque nenhum conceito jamais permitiria compreender a relação de movimento; os conceitos demandam intuições sensíveis para que se constituam<sup>27</sup>.

Kant ainda se posta a exemplificar uma noção direta da decorrência do tempo enquanto forma pura, e para tanto utiliza elementos contraditórios em relação ao tempo, que não poderiam ser objetos conceituais. A existência e inexistência de uma mesma coisa em determinado lugar não pode ser analisada conceitualmente senão depois de uma verificação da ocorrência dentro de um determinado período de tempo. Um rinoceronte correndo no campo, e a não existência

---

<sup>26</sup> Vide nota 20.

<sup>27</sup> Como demonstrado nas definições iniciais, a sensibilidade oferta intuições, que são pensadas pela faculdade do entendimento e, sim, a partir daí, são gerados conceitos. Portanto, a sensibilidade é requerida para a formulação de conceitos, e para a própria sensibilidade são requeridas as formas puras que ordenam a percepção sensível.

de um rinoceronte correndo no mesmo campo, só pode se dar em perspectivas temporais diferentes, e isso é capaz de dar vazão a não contradição lógica, de forma sintética *a priori*.

## 2.5 Considerações Parciais

Das definições iniciais da ET até as exposições das formas puras, Kant apresenta uma argumentação metódica e bem fundamentada. Todas as decorrências são interligadas e, não despropositadamente, são necessárias para a compreensão das definições sobre o Espaço e Tempo. Neste capítulo objetivamos expor analiticamente justamente estas definições. É sabido que Kant discorre sobre outras coisas mais, dentro do capítulo da ET, entretanto nos interessa o foco exclusivo nesta determinada área, que em trabalho posterior se contrastará com o espaço-tempo einsteiniano.

Antes de mais nada, ainda cabe uma importante definição, a fim de comparar com as próprias teorias que influenciaram as elucubrações kantianas. A noção acerca do espaço e do tempo em Kant é uma resposta a divisão entre as perspectivas de espaço e tempo tanto de Newton quando de Leibniz. O espaço não é algo físico, estritamente, como defende Newton, tampouco o tempo o é, como alguns objetam<sup>28</sup>. Kant defende, que, tanto espaço quanto tempo são factualmente coisas reais, mas não empíricas. O tempo possui uma realidade subjetiva, que remete a experiência interna do sujeito; funciona como forma da experiência interna.

O espaço é uma forma da experiência externa, que possibilitará a interpretação dos fenômenos, que de forma alguma é externa ao sujeito. A ordenação da matéria é proporcionada pela forma do espaço, tanto quanto do tempo, de forma interna. É o conjunto das formas puras que possibilita sensação dos fenômenos.

Além disso, é visível o fato de Kant sair de uma esfera realista/empirista e misturar as coisas dentro de sua perspectiva teórica. Espaço e tempo são condições de possibilidade da percepção, e por isso formas puras *a priori*. Não são físicas, justamente por isso tem seus pressupostos fundamentados metafisicamente, o que aproxima a teoria de uma concepção leibniziana. O distanciamento vem no fato de, tanto espaço quanto tempo não possuírem uma realidade relativa, são absolutos, porque só absolutos se constituem enquanto formas puras, e não conceitos, e isso aproxima a teoria de uma perspectiva newtoniana. No fundo, há um distanciamento teórico de ambos os autores, para que as duas ideias possam ser utilizadas em uma formulação nova.

---

<sup>28</sup> No parágrafo sete (§7) da ET, denominado Explicação, Kant apresenta uma possível objeção a natureza do tempo, tendo o tempo como algo físico.

É nessa guinada para um viés metafísico que Kant se põe a defender as noções de espaço e tempo enquanto formas puras, enquanto fundamentos da concepção humana sobre os fenômenos.

Espaço e tempo, ele objetara, são pressupostos em todas nossas experiências de eventos temporais e espaciais. Nós não podemos perceber eventos sem arranjo espacial e coordenação temporal. Espaço e tempo não podem, portanto, ser derivados de nossas experiências dos eventos espaciais e temporais. A saída, assim pareceu a Kant, estava em considerar o espaço e tempo como formas puras da intuição. Tempo e espaço são condições necessárias a priori da possibilidade da experiência. (WEINERT,2005, p. 586)<sup>29</sup>

E diante da exposição kantiana acerca do espaço e tempo nos parece que a questão assumira um fundamento e uma precisão maior sobre a real compreensão do mundo. As formas puras soam de fato como pressupostos humanos e intimamente relacionados com a percepção. No decorrer do desenvolvimento científico, entretanto, a concepção newtoniana continuou com um aporte bastante defendido, por conta de seu teor prático, e a noção filosófica de Kant teve um aporte mais influenciador no âmbito do próprio estudo da filosofia.

---

<sup>29</sup> “Space and time, he objected, are presupposed in all our experiences of temporal and spatial events. We cannot perceive events without spatial arrangement and temporal coordination. Space and time can therefore not be derived from our experiences of spatial and temporal events. The way out, so it seemed to Kant, was to regard space and time as pure forms of intuition. Time and space are necessary a priori conditions of the possibility of experience” [Tradução no corpo do texto nossa].

### 3 Sobre o Espaço-Tempo em Einstein

#### 3.1 Considerações sobre a física precedente a Einstein

A física precedente a Einstein é vasta. Há todo um desenvolvimento histórico dos princípios da disciplina, que pode abarcar desde noções matemáticas e geométricas já nos gregos e árabes de um princípio clássico. É importante destacar que as considerações a serem abordadas aludem exclusivamente a noções de mecânica clássica e as decorrências da fundação de um eletromagnetismo, não fundamentadas nessa mecânica, sem que se remeta objetivamente a uma história da física no tocante as explanações espaço-temporais que antecedem.

Uma exposição clarificada da física moderna, ainda assim não pormenorizada, é necessária para compreender o que levou posteriormente Einstein a sua fundamentação teórica. É importante, embora não seja de cunho expressamente filosófico, um relato breve e claro sobre os fundamentos de uma corrente de análise do mundo físico fundamentada na modernidade. Ainda é importante destacar que os pressupostos básicos das decorrências espaço-temporais continuam remetendo aos expoentes da própria ciência física, sem que a teoria kantiana abale as noções da ciência. Entretanto, as próprias conjecturas kantianas sobre o espaço e tempo não são desestruturantes no tocante ao que é feito com a física, é apenas um fundamento filosófico para o que, por pressuposição, a teoria científica tem de considerar como existente.

Como panorama geral, agora sim é necessário tomar por princípio o filósofo e físico Galileu Galilei, que será responsável por uma teorização importante sobre o movimento dos corpos, que por consequência está intimamente ligado a questões espaço-temporais<sup>30</sup>. De forma resumida, a teoria de Galileu sobre o movimento contrasta com a noção de senso comum propaga desde Aristóteles, que consiste na ideia de que só existe movimento em um corpo se uma força atuar sobre este corpo, e a manutenção deste movimento necessita que se mantenha uma força atuando sobre este corpo, isto é, sem uma força sendo exercida sobre um corpo, o corpo estaria em repouso.

Esta noção parece muito intuitiva, especialmente quando Galileu a condiciona como equivocada, apresentando, para sua época, uma teoria muito mais abstrata e de difícil comprovação, mas que ao longo do tempo se mostrou correta. Para Galileu,

---

<sup>30</sup> Há, certamente, precedentes a Galileu Galilei tão importantes quanto, como Ptolomeu ou Copérnico, mas, novamente, por viés metodológico, pautemos um princípio mais próximo, que concatene substancialmente as ideias e não deixe a desejar na introdução do assunto que se pretende expor, que factualmente é a relatividade einsteiniana.

Quando um objeto se move com velocidade constante, ele irá continuar assim por toda eternidade se não for exercida sobre ele uma força total ou resultante. Não é, portanto, necessário que haja uma força exercida sobre o corpo para que ele mantenha-se em movimento. Para o italiano, o repouso não é o estado ‘natural’ dos objetos. Para Galileu, não há qualquer diferença física entre um corpo em repouso e outro idêntico, desde que esteja em movimento uniforme. (DAMASIO; RICCI, 2009, p. 09)

Essa noção galileana causa algumas estranhezas, especialmente pelo fato de que não há uma diferença substancial entre o repouso e o movimento constante. O que definirá uma distinção entre um e outro é o referencial de observação: isto é, em relação a certas coisas, algo pode estar em movimento, enquanto a outras, em repouso. Dois rinocerontes correndo em um campo a uma velocidade de 20 quilômetros por hora estão em repouso em relação a si, já que ambos estão igualmente lado a lado em uma velocidade exata, mas em movimento em relação ao campo em que correm, ou em relação a um terceiro rinoceronte que, por não ser adepto a uma vida *fitness*, opta por permanecer em repouso em relação aos companheiros acelerados.

Outro, e possivelmente o maior expoente da física moderna, foi Isaac Newton, que já teve sua perspectiva espaço temporal descrita no primeiro capítulo deste texto. Agora, sem entrar em detalhes a fundo em relação a noção espaço-temporal, apresentaremos a decorrência da física galileana através do próprio desenvolvimento da mecânica newtoniana. O desenvolvimento das três leis newtonianas acerca do movimento são um complemento direto a teoria do movimento galileana, e o conjunto da obra é principiado pelo que se conhece como *princípio da relatividade de Galileu*.

Esse princípio de relatividade galileano é reformulado de modo que, para Newton, tenhamos que assumir um referencial inercial, que não esteja acelerado, o que de fato facilita as coisas no tocante à observação. Não é de todo interessante expor metodicamente a conceituação newtoniana elaborada para definir um referencial inercial, mas é importante explicitar o que isso implica em sua teoria, haja vista que é parte importante da mecânica clássica, e será igualmente importante nas teorias subsequentes.

Newton toma a teorização galileana sobre o movimento e injeta mais dados, no tocante a noção de referenciais inerciais como base de análise do movimento, sejam eles quais forem, desde que sejam inerciais. Para uma melhor visualização, é interessante recordar que os problemas que envolvem automóveis, coisa bastante recorrente em dinâmicas físicas, toma como ponto de referência um objeto inercial para facilitar os cálculos; isto é, podemos tomar o ponto inicial do automóvel como referencial base para se calcular o deslocamento, por exemplo.

O mesmo pode ocorrer em objetos que se ausentam da Terra, e esse aspecto é fundamental dentro da *teoria da gravitação*<sup>31</sup>, de Newton.

Essa perspectiva mecânica foi capaz de explicar e possibilitar o desenvolvimento de uma aplicabilidade física em um nível inimaginável para sua época. Não à toa, Newton foi considerado um grande gênio e sua noção espaço-temporal continuou com acentuada relevância teórica, mesmo após os desenvolvimentos kantianos. As questões inseridas na mecânica clássica estavam tão bem alinhadas que parecia, de algum modo, que a física estava próxima de uma explicação substancial sobre o universo físico e seu comportamento. Entretanto, ainda houve alguma decorrência teórica posterior a Newton que acabou mudando um pouco essa noção, e levando a própria física a uma reformulação conceitual.

Mas antes dessa exposição é necessário apontar os teóricos posteriores a Newton que desenvolveram ainda mais alguns campos da ciência da física. A mecânica clássica ainda é capaz de dispor de explicações suficientes para o comportamento de ondas sonoras, por exemplo, que embora não transporte matéria, gera movimento, e este pode ser analisado. O deslocamento de uma onda em um meio pode ser um fenômeno analisado da mesma forma que o deslocamento de qualquer objeto em um meio.

Em se tratando de ondas sonoras as coisas caminham relativamente bem, há um meio bem definido e uma velocidade já conhecida. O problema surge quando se trata da natureza da luz. Já com a consciência de que a luz não possuía uma velocidade infinita<sup>32</sup>, Newton apresenta um trabalho indicando que a luz é composta por partículas, e dessa forma podendo ser subsumida no escopo da sua teoria mecânica. Essa aceção talvez tenha sido uma das poucas a que o físico não granjeou sucesso com seus contemporâneos, haja vista a teorização de Huygens determinando que a luz, assim como o som, era composta por ondas. Não obstante, a noção da luz como onda foi comprovada a partir do experimento da dupla fenda produzido por Thomas Young, mas isso somente no século XIX.

Engana-se, porém, quem pensa que as questões acerca da natureza da luz cessaram com essa descoberta. Com estudos acerca da eletricidade e magnetismo, fomentados especialmente por J. C. Maxwell<sup>33</sup> no séc. XIX, acabou proporcionando algumas explicações ainda mais contundentes sobre o conjunto dessas teorias, e que posteriormente incidiu diretamente na

---

<sup>31</sup> A teoria da gravitação universal, de Newton, indica que os corpos presentes no espaço exercem uma força de atração entre si, pelo fato de serem dotados de massa. Nesse caso, quanto mais massa um corpo possuir, mais ele atrai os corpos a sua volta, e quanto mais longa a distância entre os corpos, menor é a força de atração.

<sup>32</sup> Proveniente das pesquisas de Ole C. Rømer em relação a observação de Júpiter

<sup>33</sup> Outro nome importante da área do eletromagnetismo, e o responsável pela noção de *campo eletromagnético*, tratado como *linhas de força*, foi Michael Faraday. O desenvolvimento teórico é concatenado em de Maxwell, e por isso apenas este é mencionado no corpo do texto, semelhante ao feito com Galileu e Newton.

explicação sobre o comportamento da luz. Uma das equações desenvolvidas por Maxwell, em relação a teorização sobre o campo eletromagnético foi o de prever a existência de ondas eletromagnéticas, que se moviam a uma velocidade de  $300.000\text{km/s}^{34}$ , o que gerou a surpreendente conjectura de que a própria luz é uma onda do tipo eletromagnética<sup>35</sup>.

Essas descobertas referentes a natureza da luz, e ainda além, o avanço de um estudo do escopo físico em que não vigorava a análise mecânica clássica acabou gerando algum desconforto, mas nada que abalasse substancialmente a confiança desses físicos. É bastante famosa a afirmação de Lorde Kelvin, em 1900, de que a física estava praticamente concluída, excetuando dois pequenos problemas: o primeiro no tocante ao espectro de radiação de um corpo negro; o segundo relativo a não confirmação da existência de uma substância permeando o espaço, que era chamada de *éter*. Entretanto não poderia ser mais diferente:

A declaração de Lorde Kelvin foi tão inocente quanto visionária, pois a dissipação dessas ‘nuvens’ conduziu às duas maiores teorias do século XX. A primeira delas é a mecânica quântica [...], Já a dissipação da segunda ‘nuvem’ levou a uma teoria tão bela quanto suas consequências são esquisitas. O proponente da teoria que iria dissipar a segunda ‘nuvem’ mencionada por Lorde Kelvin é o mais famoso cientista de todos os tempos. Albert Einstein. (DAMASIO; RICCI, 2009, p. 18).

Neste caso nos interessa a dissipação desta segunda nuvem, que deu vazão à teoria da relatividade.

Pois bem; com avanços contundentes da física, tanto na mecânica de Newton quanto no eletromagnetismo de Maxwell, uma visão de uma física fechada, uma disciplina praticamente concluída, ganhando força, com pequenos problemas a serem solucionados, constituía-se toda uma linha de pensamento na parte final do século XIX. Maxwell já havia concluído que a luz é uma onda eletromagnética e propaga-se a uma velocidade de  $300.000\text{km/s}$  no vácuo, e seu raciocínio para tanto é descrito por Bernstein (1975, p. 39):

[...] se um objeto eletricamente carregado for posto a vibrar, parte do campo magnético que circunda a carga se destacará desta e passará a propagar-se sob forma de onda. Essa onda, diversamente do que ocorre com as ondas sonoras e com as que se propagam na água, propagar-se-ão, segundo as equações de Maxwell, no espaço vazio, isto é, no vácuo total.

<sup>34</sup> Valor aproximado ao que fora proposto por Rømer, anteriormente, para a velocidade de locomoção da luz.

<sup>35</sup> Tal revisão teórica exposta pode causar algum desconforto ao leitor, dando a sensação de incompletude. Esclarecemos, entretanto, que esse *vai-e-vem* teórico é fundamental para a interpretação da teoria einsteiniana, haja vista que os desenvolvimentos da física nem sempre foram estritamente lineares, e de duas teorias um tanto diferentes é que surgem os problemas que levarão Einstein a seu desenvolvimento teórico. É quando, partindo de pressupostos da mecânica clássica para se tentar estudar o eletromagnetismo, que estranhezas suscitam e a física sofre uma revolução no seu modo de pensar. Portanto justifica-se, assim, a necessidade de uma intercalação expositiva, saindo da mecânica, entrando no eletromagnetismo e fundamentando o encontro de ambas para a exposição dos problemas.

É importante ressaltar o fato de ser no vácuo, esse movimento da luz, haja vista que isso foi, de alguma forma, abominado pelos físicos modernos. A ideia é de que a luz, enquanto onda, precisa se propagar por um meio também, e portanto o espaço, já que a luz se propaga em todo universo, deve ser preenchido por algo que possibilite essa locomoção. Essa foi, de forma extremamente simplificada, assim como quase toda esta exposição, a perspectiva dos contemporâneos de Maxwell. Essa substância que permearia todo o espaço e possibilitaria a propagação das ondas eletromagnéticas seria, como já supracitado, a noção de éter, que possui uma conceituação histórica, mas sem muita importância para a nossa finalidade, haja vista que já há uma compreensão do que se pensava enquanto éter e qual sua finalidade.

Havia, portanto, a necessidade de provar a existência desse éter, dessa forma se resolveria um problema, a própria disposição de que a luz se movia no vácuo, o que era naturalmente esquisito, tendo em mente que há necessidade de um meio para que uma onda se propague. Aqui entra em questão o princípio do problema que suscitará a relatividade einsteiniana, e começa com a falha de Albert Michelson e Edward Morley.

A partir de um aparelho chamado *interferômetro*, esses físicos tentaram encontrar padrões de interferência das ondas propagadas em direção ao aparelho. Quando projetado em determinada posição, os padrões de interferência deveriam divergir de outra forma de disposição do aparelho; para ser mais claro, se o aparelho, tendo sido testado em posições 90° divergentes, e os padrões de interferência fossem constatados alterados, então havia a probabilidade de interferência do meio na propagação dessas ondas, e assim estar-se-ia perto de fundamentar a existência física do éter. Entretanto, não houve mudança alguma no padrão de interferência e a única constatação foi a da possibilidade de não existência do éter, o que colocaria as próprias equações de Maxwell em problemas, pois não se havia uma noção referencial para a medição da velocidade do deslocamento da luz<sup>36</sup>.

Tal relato já é suficiente para que se possa pular para um próximo nível, e aproximarmos substancialmente da teoria einsteiniana. Com o passar do tempo a física acabou evoluindo e encontrando alguns problemas, que chegaram até Einstein do mesmo modo que Michelson e Morley haviam deixado. Esse problema em relação a natureza da luz ainda foi questão de discussão, e acabou fomentando uma nova estrutura espaço temporal. E como vimos, quase tudo que foi feito pela física, especialmente na física moderna, pressupunha uma correspondência que demandasse o conhecimento empírico, e não podia ser diferente, já que a física é uma ciência empírico-matemática por base. E embora assim seja, foi uma teoria sem

---

<sup>36</sup> Essa abordagem histórica pode ser encontrada nas obras de Heisenberg, Ray, Einfeld e Einstein, citadas nas referências, mas uma obra em especial, que muito bem trata essa questão, é o texto de Damásio e Ricci.

muito comprometimento com a prova empírica que transformou nossa maneira de conceber o espaço e o tempo, nesse caso: *espaço-tempo*.

### 3.2 A Teoria da Relatividade Einsteiniana

Se fizermos um exercício histórico e retornarmos virtualmente até o início do século XX nos depararemos com a ciência da física do modelo do que fora apresentado no subcapítulo antecedente. Enquanto estudantes de filosofia, gostaríamos de aprender efetivamente como se comporta o universo, e para isso recorreremos aos pressupostos físicos modernos.

Já com o indicativo de que a luz se move pelo universo a uma velocidade bastante elevada, de 300.000km/s, poderíamos nos questionar sobre a possibilidade de análise da velocidade da luz a partir da própria mecânica clássica – não muito diferente do que já vinha sendo tentado – isto é, do princípio da relatividade de Galileu. De alguma forma, é isso que o próprio Einstein fez, quando com 16 anos de idade publicou três grandes trabalhos.

O trabalho que nos interessa intitula-se *Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento*<sup>37</sup>, mas isso, de forma alguma, indica que os outros trabalhos sejam irrelevantes, especialmente pelo fato de um deles ter sido responsável por levar Einstein ao prêmio Nobel de física de 1921, com uma explicação do *efeito fotoelétrico*.

Enfim, no trabalho supracitado, Einstein executou uma pesquisa acerca da tão complicada relação entre a própria mecânica clássica e o eletromagnetismo.

O que Einstein procurou fazer foi resolver a aparente inconsistência entre o eletromagnetismo de Maxwell e a mecânica newtoniana por causa do valor fixo da velocidade da luz no vácuo previsto por Maxwell, e que ninguém conseguia dizer em relação a quê. A solução de Einstein para o dilema veio em duas partes. (DAMASIO; RICCI, 2009, p. 23)

Essas duas partes, mencionadas por Damasio e Ricci, dizem respeito respectivamente a: (1) uma alteração do enunciado sobre a relatividade galileana; (2) no fato da velocidade da luz permanecer igual em relação a todos os referenciais inerciais.

Nesse caso, as novidades podem não soar tão exaltantes assim, apresentadas dessa forma, mas as suas decorrências, e o pensamento que as descrevem, é o que constitui o cerne da teoria einsteiniana da relatividade. São essas definições sobre a natureza da luz que deram

---

<sup>37</sup> *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, publicado em *Annalen der Physik*, em 1905.

vazão para a exposição einsteiniana do *espaço-tempo*<sup>38</sup>, que efetivamente é o objetivo de nossa exposição.

Para que essa exposição seja feita, nos detenhamos um pouco mais nos escritos anteriores. Quanto a essa primeira definição elaborada por Einstein, suas consequências para com a física clássica é direta. A alteração da relatividade galileana não é algo tão simples, embora pareça. Einstein toma o enunciado galileano e desenvolvido por Newton e acresce ainda mais<sup>39</sup>, de modo que torna, não só as *leis do movimento* como válidas em todos os referenciais inerciais, mas todas as leis da física como válidas em todos os referenciais inerciais.

Isso acaba incluindo também as equações de Maxwell sobre o eletromagnetismo nesse escopo. A nomeação da relatividade einsteiniana provém disso, e, especialmente, sua primeira formulação, chamada *relatividade restrita*, ou *relatividade especial*, justamente por só abarcar referenciais inerciais, portanto, se restringir a referenciais inerciais.

Na segunda definição as coisas ficam ainda mais estranhas. Para a luz ter a mesma velocidade diante de qualquer referencial inercial que seja, temos de assumir um comportamento um tanto estranho do qual nos acostumamos com a mecânica newtoniana. A adição de velocidades, por exemplo, é um tanto simples de compreender em se tratando do sistema relativístico de Galileu.

Assumamos que, há um campo livre, e um rinoceronte acelerado em 20km/h em relação ao campo, quando de repente surge outro rinoceronte correndo a 30km/h em relação ao campo e, nesse caso, a velocidade varia em relação ao observador. A princípio ambos estão acelerados em relação ao campo em que correm, mas o segundo rinoceronte está 10km/h mais acelerado em relação ao primeiro, que o veria passar de forma mais lenta em relação ao campo, já que há uma diferença de 20km/h em relação a ambos observadores. O rinoceronte estaria relativamente acelerado em relação aos observadores.

Partindo da segunda definição de Einstein, e pressupondo que o segundo rinoceronte carregasse consigo uma lanterna, a fim de não se perder no breu da noite, e ligasse-a, poderíamos concluir que a luz advinda da lanterna estaria aproximadamente 300.000km/s mais acelerada em relação a esse rinoceronte prevenido. Dessa forma, seguindo a relatividade galileana, poderíamos também concluir que a luz dessa lanterna estaria 300.000km/s + 10km/h

---

<sup>38</sup> Historicamente, e até aqui, tratamos espaço e tempo como condições separadas. A teoria da relatividade einsteiniana vai fundir os termos, especialmente por conta de suas decorrências físicas, portanto, em Einstein, a relação entre ambos é interligada, e o termo se altera.

<sup>39</sup> Importante destacar, que embora haja um estigma de quebra paradigmática ao redor da teoria de Einstein, na verdade, ele parte de pontos já concebidos. Todos os autores, especialmente os que revolucionam uma área, possuem referências, não diferente é com Einstein, que se apoia em toda uma discussão sobre a física que o precede, e a partir de seus estudos conclui o que ninguém antes fizera, mas o ponto de partida é o mesmo.

mais acelerada em relação ao primeiro rinoceronte, e conseqüentemente  $300.000\text{km/s} + 30\text{km/h}$  mais acelerada em relação ao próprio campo. Pois é, com as decorrências da segunda teorização einsteiniana não é isso que ocorre.

Com a luz tendo um valor fixo em relação a qualquer referencial inercial que seja, então ela estaria  $300.000\text{km/s}$  mais acelerada em relação tanto ao segundo rinoceronte, quanto ao primeiro, e ainda mesmo quanto ao campo. Além do mais, com a formulação de que a luz tem uma velocidade fixa em relação a qualquer referencial inercial, advém a consequência dela possuir a maior velocidade possível encontrada na natureza.

A relatividade einsteiniana conjuga possibilidades inimagináveis a partir da concepção clássica. As pequenas nuvens de Lorde Kelvin causaram uma tempestade horrenda nos céus da física, e a situação se inverteu, de uma física praticamente acabada, para algo aberto novamente, com campo a ser estudado. Não só no tocante as relações do movimento, especialmente pelo fato da relatividade einsteiniana ser substancial especialmente para dados cosmológicos e de velocidades altíssimas, já que a mecânica newtoniana até hoje é suficientemente boa para se lidar com os objetos cotidianos. É perceptível a partir das relações de movimento, o fato do espaço e do tempo serem mutuamente dependentes, para tanto, expõe Russell (1981 p. 59):

[...] as contagens do espaço e do tempo não são mais independentes uma da outra. Se você alterar a maneira de medir a posição de dois acontecimentos no espaço, poderá também alterar o intervalo de tempo entre os mesmos. Se você alterar a maneira de contar o tempo da ocorrência de dois acontecimentos, poderá também alterar a distância, no espaço, entre eles.

Dessa forma, as formulações einsteinianas implicam em uma reformulação da própria maneira de se fazer física em relação ao espaço, tempo e movimento. Tais concepções acabam em uma transformação do que compreendemos enquanto espaço e tempo, tratado como espaço-tempo. De forma alguma esse espaço-tempo einsteiniano promulga uma noção de unificação de ambos, indicando que são o mesmo; não, o que o corre é uma indissociabilidade entre ambos, porque mutuamente influenciam-se. Quando há uma alteração da referência, tanto espaço quanto tempo podem ser modificados, e sem dúvida, quando há uma alteração espacial, também o é temporal, o contrário é verdadeiro do mesmo modo: “Não há um mesmo tempo para observadores diferentes, a menos que estejam em repouso relativo entre si.” (RUSSELL, 1981, p. 66).

Factualmente adentrando ao processo decorrente dos princípios fundamentados por Einstein é que chegaremos a sua concepção espaço-temporal nos mais esquisitos termos com que a física lida hoje. Não despropositadamente usamos o termo esquisito; a maior parte das pessoas, ainda hoje, oferta uma certa restrição ao que não parece visualmente correspondente.

Por isso a mecânica newtoniana tem um apelo ainda superior no que toca ao senso comum – isto é, todos sabem que Einstein foi um gênio, mas ainda poucos sabem o motivo disso – haja vista que é facilmente visualizável.

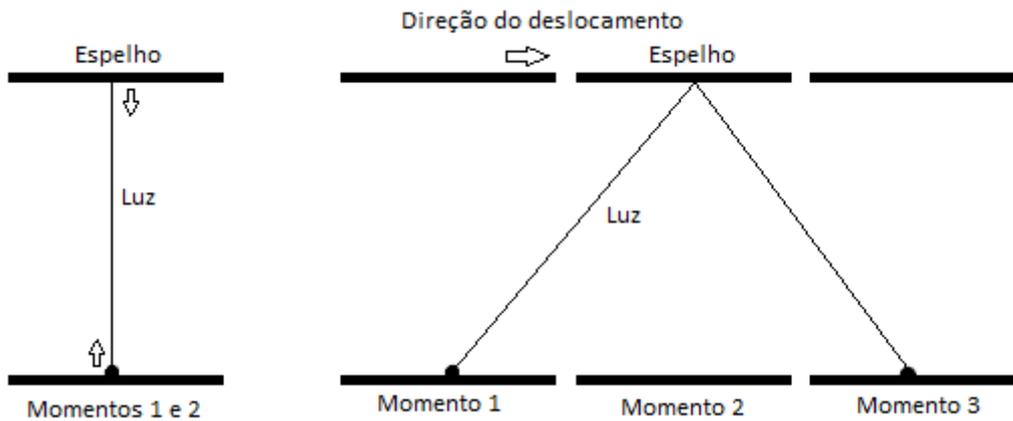
Com Einstein as coisas se tornam um tanto mais abstratas, e é da imaginação, muitas vezes, que necessitamos para observar as decorrências de sua teoria. Uma dessas decorrências, por exemplo, que provém da segunda definição acima descrita – a invariância da velocidade da luz em relação a referencial inercial – causa uma consequência que se conhece como *dilatação temporal*. Segundo essa teorização da dilatação temporal, quando percebida uma ocorrência no espaço, o intervalo de tempo dessa ocorrência depende da distância dos observadores que encontram-se em movimento relativo ao objeto.

Para uma explicação mais precisa dessa formulação há a necessidade de uma exposição prática, ou pelo menos visualizável. Para tanto faremos uso de um clássico exemplo, que envolve o que se conhece como *relógio de luz*. A descrição desse exemplo é bem exposta por Bernstein (1975, p. 61-62):

[...] imaginemos um tipo de relógio particularmente simples. Consideremos dois espelhos separados por certa distância e admitamos haver colocado um sinal luminoso entre os espelhos. A luz caminhará repetidamente entre os espelhos em períodos regulares, de vez que sua velocidade é constante. [...] Em princípio, trata-se de um bom relógio e podemos fazê-lo tão preciso quanto desejarmos, bastando reduzir a distância entre espelhos na vertical, deslocamos todo o sistema ao longo da horizontal, segundo ângulos retos em relação a linha que liga os espelhos. Em seguida, contemplemos, do ponto de vista do referencial de repouso, esse aparelho algo bizarro. Admitamos que a luz parte do espelho que se acha na posição inferior. Se o aparelho estivesse em repouso, a luz, para atingir o espelho que se encontra na posição superior, teria simplesmente de percorrer o segmento de reta perpendicular ao espelho inferior. Não obstante, estando os espelhos a movimentar-se em relação a nós, observamos que, para atingir o espelho superior – que está em movimento –, a luz parte do espelho inferior segundo certo ângulo. Com efeito, para completar o trajeto de ida e volta, a luz terá – para nós que a contemplamos de uma posição de repouso – de percorrer um trajeto triangular que é, evidentemente, *mais longo* do que o caminho que seria percorrido se o sistema estivesse em repouso, relativamente a nós. [Grifo no original].

Talvez as coisas tenham ficado um pouco mais claras, mas mesmo com a exposição de Bernstein as coisas ainda podem parecer um pouco nebulosas, algo que pode ser resolvido a partir da exposição gráfica do exemplo.

Figura 1: Diagrama de espelho em repouso e em movimento



Fonte: Elaboração própria.

É plenamente perceptível, agora, que a relação de distância foi claramente alterada com a observação do relógio em movimento do que em relação a ele em repouso. Como a distância espacial foi afetada, o tempo também o foi, já que demorou mais para atingir o ponto final. Nesse caso, o intervalo de tempo se posta menor para quando se observa em repouso do que enquanto em movimento. Mas quanto a essa última proposta, Damasio e Ricci (2009, p. 26) indicam que se deve tomar cuidado com afirmações desse tipo, haja vista que o próprio *repouso* necessita de um referencial para que se constitua nesse estado – de repouso. Nesse sentido, se um observador é capaz de perceber, tanto em repouso quanto movimento em relação a si um relógio de luz, será também perceptível o fenômeno de dilatação temporal. E quanto mais acelerado o deslocamento do relógio que se move, maior a distância e, portanto, maior o tempo. Quando esse movimento tender a velocidade da luz, também tenderá o tempo ao infinito<sup>40</sup>.

Se conseguíssemos nos mover com a velocidade da luz no espaço, a passagem do tempo não nos seria perceptível, enquanto que para quem permanece em repouso em relação aos viajantes, o tempo teria passado mais rapidamente. Essa consequência da relatividade de Einstein gera mais um famoso exemplo, conhecido como *paradoxo dos gêmeos*. Esse paradoxo objetiva expor e elucidar mais claramente sobre a consequência física da dilatação temporal. O fato dos referenciais serem diferentes faz com que o repouso e o movimento confundam-se, dependendo do observador. Entretanto, embora o que está em movimento possa se imaginar em repouso em relação aquele que ele observa, há consequências para ele que não há para o outro, e é basicamente esse o cerne da exposição do paradoxo.

<sup>40</sup> Um primeiro ponto a se destacar aqui é o fato desse exemplo ser estritamente metafórico. A dilatação temporal demanda, para uma substancial percepção, velocidades e distâncias extremamente grandes, por isso é praticamente imperceptível nas relações físicas cotidianas, como a de ter a cabeça atingida por uma maçã, por exemplo. Outro ponto a ser destacado é o de que: quando o objeto atingir a velocidade da luz, e somente quando o fizer, é que a distância, portanto o espaço, e o tempo se tornarão infinitos.

O exemplo consiste na ideia de que, na Terra, se encontram dois gêmeos, um preparado para partir em expedição espacial enquanto o outro permaneceria na Terra. Caso o gêmeo astronauta embarcasse em uma nave espacial que se movesse a uma velocidade extremamente alta, muito superior ao que se costuma fazer atualmente, e além disso, carregasse consigo algum tipo de marcador temporal, quando, depois de percorrer uma longa distância a uma altíssima velocidade, e retornasse à Terra, perceberia que alguns fatos substanciais estão diferentes do que condiz o senso comum. De outro modo, o gêmeo que ficou na Terra também carrega consigo um marcador temporal, o mesmo que o gêmeo que partiu em jornada; explicitemos portanto que esse relógio é o próprio corpo desses gêmeos, que biologicamente mantém um padrão e podem ser considerados relógios nesse aspecto.

Quando de volta à Terra, o gêmeo viajante, se contrapondo com o gêmeo que ficou na Terra, oferta plenamente as decorrências do que prediz a *Teoria da Relatividade Restrita* (TRR) de Einstein. O resultado disso, o que já poderia ter sido antecipado através dos exemplos antecedentes, é o de que um gêmeo – o viajante – está mais velho do que o outro. O gêmeo que embarcou na nave salvou alguns anos de vida terrestre em relação ao seu irmão. É possível se constatar tudo isso a partir do que foi exposto no exemplo do relógio de luz. Isso porque, com uma velocidade extremamente alta e deslocando-se no espaço, o segundo gêmeo sofreu com o processo de dilatação temporal.

Basicamente nisso que consiste o paradoxo dos gêmeos, porém, ainda uma objeção poderia ser levantada, tendo em vista que o referencial em movimento precisa estar em movimento em relação a algo: para o gêmeo que embarcou na nave, é plenamente viável que ele mesmo perceba a Terra como acelerada em relação a si, enquanto permanece em repouso. Nesse sentido, o gêmeo viajante também deveria perceber o seu irmão como mais jovem, certo?

A resposta para essa questão é objetiva, um objetivo *não está certo*, e não só segundo o que pressupõe a relatividade, mas o princípio dessa questão está em outro físico. A evidência física da dilatação temporal subjaz exatamente nessa questão, que é explicada através da *Transformação de Lorentz*, desenvolvida pelo físico Hendrik Lorentz, que determina essa alteração temporal a partir da mudança do referencial, e é justamente isso que ocorre no paradoxo dos gêmeos. Há uma mudança de referencial, do gêmeo que embarcou na nave, em relação a Terra, não tendo mais a própria Terra e o seu deslocamento como base.

O que causa a diferença no envelhecimento? A resposta simples e direta é o fato de os trajetos espaço-temporais dos gêmeos serem diferentes. Na TRR é possível não mais tratar movimentos como se ocorressem numa vasta arena espacial, com um relógio cósmico global marcando o tempo no fundo. Uma descrição completa de qualquer movimento sempre especificará como os objetos se movem no espaço-tempo enquanto entidade composta. A linha do

mundo de um objeto fornece tal descrição. E, porque as linhas de mundo dos gêmeos não são as mesmas, não há motivo para que esperemos que relógios sincronizados no início da jornada, quando as respectivas linhas de mundo se interligavam, permaneçam sincronizados no final da jornada. (RAY, 1993, p. 54 - 56)

É importante ainda ressaltar que nenhuma das visões, seja do gêmeo viajante ou do gêmeo que permaneceu na Terra é superior ou melhor do que a perspectiva do outro. Isso apenas constitui que, em diferentes referenciais, as situações são igualmente válidas, de forma que apenas difere-se o comportamento em relação ao espaço-tempo. Essa proposta pode ter, e objetivamente terá, uma análise física. Em 1971 o físico Joseph C. Hafele e o astrônomo Richard E. Keating carregaram relógios atômicos em voos comerciais, os quais, depois de duas voltas na Terra foram comparados com relógios atômicos que permaneceram estacionados na Terra, e disso constatou-se uma diferença temporal de acordo com o previsto pela TRR<sup>41</sup>.

Quanto à transformação de Lorentz, é uma peça chave para a teoria de Einstein, e se fundamenta a partir da ideia de que, com a inexistência de um éter que permeia o universo, a velocidade da luz teria de ser congruente com um princípio da relatividade, o newtoniano mesmo. Essa característica fomentou a teorização da transformação de Lorentz, que introduz “[...] a hipótese de que os corpos móveis se contraem na direção do movimento com um coeficiente dependente da velocidade do corpo, e que em diferentes sistemas de referência existem diferentes tempos ‘aparentes’, que desta forma substituem o tempo real”<sup>42</sup> (HEISENBERG, 1959, p. 91-92). Desta forma já surge algo parecido com o princípio da relatividade, e é utilizado por Einstein na sequência.

Outro ponto importante, que provém da TRR de Einstein, é a reconstituição de uma noção de simultaneidade. Não existe uma simultaneidade absoluta no universo, segundo as decorrências do que foi exposto. Tudo por conta do fato de que as relações de simultaneidade se alteram conforme também se altera o referencial. Quando a luz de uma estrela que está cinco anos luz<sup>43</sup> distante da Terra parte, há um intervalo de cinco anos para que essa informação seja recebida na Terra, e não simultaneamente, como decorre em atos cotidianos, acendendo uma lâmpada, por exemplo. Consideremos também uma outra estrela, três anos luz distante da Terra,

<sup>41</sup> O experimento ficou conhecido como experimento Hafele-Keating, e os resultados foram publicados na revista Science, 177 em 1972.

<sup>42</sup> “[...] la hipótesis de que los cuerpos móviles se contraen en la dirección del movimiento con un coeficiente dependiente de la velocidad del cuerpo, y que en diferentes sistemas de referencia existen diferentes tiempos ‘aparentes’ que en muchos aspectos remplazan al tiempo ‘real’.” [Tradução no corpo do texto nossa].

<sup>43</sup> Ano luz é um termo utilizado para informar a distância entre objetos. Como já sabemos, a velocidade da luz no vácuo é de 300.000 km/s, e com a luz percorrendo, durante 365 dias e 6 horas (tempo decorrido em um ano), isto é, 31.557,600 segundos no ano, ela atingiria uma distância de 9.467.280.000.000 Km. Portanto, um ano luz equivale a uma distância de 9.467.280.000.000 Km.

e que emite luz no mesmo instante da primeira estrela citada. Essa luz demorará três anos para chegar na Terra, isto é, dois anos a menos do que a primeira. Mesmo que tenham sido enviadas no mesmo instante, a informação captada pelo observador terrestre não será simultânea.

Essa concepção de alteração de um princípio da simultaneidade afronta diretamente a teorização newtoniana de *ação a distância*, que é um dos fundamentos de sua concepção cosmológica; de sua teoria da gravidade. Quanto a *ação a distância*, “A ideia por trás desse conceito é a seguinte: se, por algum motivo, o Sol deixasse de existir nesse momento, a Terra ‘sentiria sua falta’ imediatamente, ou seja, as informações seriam transmitidas de maneira instantânea pelo universo” (DAMASIO; RICCI, 2009, p. 31).

Essa noção é afrontada a partir da ideia de que a luz tem uma velocidade constante, em todos os casos possíveis, então a própria transmissão de informação deve-se limitar a essa velocidade. É nesse sentido que o exemplo da observação da luz das estrelas que estão a cinco e três anos luz da Terra se sustenta. Se uma delas deixar de existir, o observador terrestre levará respectivamente cinco e três anos para perceber, assim como se o sol deixar de existir, só será percebido 8 minutos mais tarde aqui na Terra, já que sua distância é de 8 minutos luz desse planeta.

Assim como a simultaneidade tem seu conceito reformulado, terão também as demais noções temporais também. Passado, presente e futuro são estritamente relativos ao observador, ou seja, os conceitos possuem características próprias em relação a cada um que os observa. Nesse caso, o exemplo supracitado ainda se faz útil: quando a luz da estrela que se encontra a três anos luz da Terra é percebida pelo observador terrestre e, mesmo tendo sido enviada simultaneamente a luz da estrela cinco anos luz distante, ela acaba pertencendo a um estado presente do observador, enquanto a luz da estrela mais distante permanece no futuro desse mesmo observador. Dessa forma, quando, dois anos depois, a luz da estrela mais distante chegar, a percebida anteriormente fará parte do passado do observador. Essa relação pode se alterar conforme se altera o referencial observacional, se acaso estiver localizado em posição diferente no espaço-tempo, podem ocorrer percepções distintas quando ao passado, presente e futuro em relação a captação da informação fornecida pela estrela<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> Cabe expor que as relações temporais aqui apresentadas não pretendem modificar fatos contundentes como o do leitor ter nascido antes de efetuar a leitura desse texto. Essa ocorrência mais tem a ver com relações de causalidade (é necessário um primeiro para que ocorra o segundo) do que no sentido espaço-temporal tratado aqui, que define-se em termos físicos. Quanto a causalidade, afirmam Damasio e Ricci (2009, p. 32): “O nascimento de seu pai está no passado do leitor, em relação ao qual o nascimento de seu filho pertence ao futuro. A causalidade resolve os problemas vividos pelo personagem Marty McFly, da série de filmes *De volta para o futuro*. Estes problemas, simplesmente, não poderiam ocorrer na vida real porque violariam a causalidade.”.

As questões acerca da relatividade einsteiniana podem parecer, em algum aspecto, despropositadas e sem muito vínculo com a drástica concepção espaço-temporal nos termos que hoje é difundido<sup>45</sup>. As questões espaço-temporais classicamente tratadas, embora fossem um tanto quanto teóricas, exprimiam, em algum aspecto, uma capacidade de legitimação do conhecimento do mundo. Seja com Newton e Leibniz, nas suas posturas fisicalistas e racionalistas de uma ordenação do espaço e do tempo, até Kant e sua estética transcendental, delimitando tanto espaço quanto tempo como estruturas metafísicas que possibilitam a percepção da realidade. Quanto a Einstein e as exposições efetuadas até agora, na verdade, pertencem ao escopo justamente da teorização da TRR de 1905, e ela é condição necessária para a reformulação da gravitação newtoniana, que é tópico de outro trabalho: a *Teoria da Relatividade Geral* (TRG), de 1915.

A relatividade geral de Einstein mostrou fisicamente as relações espaço-temporais, coisa que jamais havia sido feita pelos predecessores, tanto na física quanto na filosofia. Além de, como afirmado por Chandrasekhar (1974, p. 15), ter consequências de caráter filosófico:

[...] havia o atraente caráter filosófico da teoria de Einstein, começando com o postulado de um contínuo espaço-tempo sem qualquer estrutura especial de coordenadas para rotular pontos do espaço-tempo com números, de modo que todas as leis da física fossem declarações verdadeiras em qualquer sistema de coordenadas possível.<sup>46</sup>

Isso se mostra através do caráter de alteração espaço-temporal nas perspectivas vigentes, e fundamenta uma revolução na própria forma de pensar os espaço-tempo, sem ter pontos de referência fundamentalmente superiores. Além disso, algumas questões sobre a natureza do espaço-tempo são, objetivamente compreendidas na TRR, de modo que a sustentação de uma matriz descritiva espaço-temporal no mundo físico demande da conceituação prévia, no mesmo modelo teórico de qualquer outro que tenha dedicando-se a descrever a natureza do espaço-tempo.

A partir da formulação da TRR, Einstein já sabia que algumas coisas deveriam ser modificadas no processo da mecânica newtoniana aplicada a descrição dos efeitos gravitacionais. Isto é, a mecânica de Newton não satisfaz perfeitamente as explicações dos efeitos gravitacionais, embora funcione em alguns casos, falha em outros. Justamente a fim de

---

<sup>45</sup> Nesse caso, sobre a própria relatividade, os pormenores não são muito bem expostos em textos informativos, o que normalmente ocorre é uma partida a partir das decorrências físicas, de modo a explicitar a natureza do espaço-tempo, sem que antes se justifique a concepção a partir das referências que fundamentam o pensamento de Einstein, que, a princípio, era um físico estritamente teórico.

<sup>46</sup> “[...] *there was the appealing philosophical character of the Einstein theory, starting with the postulate of a space-time continuum without any special framework of coordinates to label points of space-time with numbers, so that all the laws of physics should be statements which are true in any possible coordinate system.*” [Tradução no corpo do texto nossa].

corrigir esse problema é que surge a TRG, que explicou de forma bastante precisa as relações entre os corpos no espaço, corrigindo problemas como o da *precessão do periélio de Mercúrio*<sup>47</sup>, por exemplo.

A teoria da gravitação, como classicamente abordada, já informava noções acerca da movimentação dos planetas no cosmos, mas utilizando de uma geometria euclidiana, traçando retas como pontos mais aproximados, em um espaço sumariamente plano. A noção einsteiniana vai além, e uma noção acerca disso pode ser abstraída a partir da própria forma curva da Terra, em que dois pontos tem como menor distância um traçado geodésico, ao invés de reto, justamente por conta da Terra possuir um formato geoide, e não plano. Essa noção einsteiniana é divergente, por conta da consideração de que o espaço também se curva, e, portanto, tem uma estrutura bastante diferenciada em relação ao proposto na gravitação newtoniana.

A força gravitacional, que para Newton era apresentada como *atração entre os corpos*, continua tendo uma essência similar em Einstein, mas com uma explicação totalmente diferente. Para Einstein, a atração entre os astros se dá por conta de o próprio espaço-tempo curvar-se na presença de massa. Neste sentido, quanto mais concentração de massa, maior será a curvatura do espaço-tempo e maior será a área de ação do *campo gravitacional* desse corpo. Para ilustrar essa concepção, podemos imaginar o espaço-tempo como uma cama elástica; nessa cama elástica lançam-se algumas bolas de boliche, de tamanhos e pesos diferentes. Diante disso é perceptível que a bola mais pesada curvará mais o tecido da cama elástica, e portanto, atrairá as bolas que estão dentro de seu campo de ação, e que possuam massa inferior, esse campo de ação é primordialmente uma ilustração do campo gravitacional.

Essa característica do espaço-tempo einsteiniano abre caminho para que a explicação acerca da constituição desse espaço-tempo seja bem definida, logo que diante da perspectiva newtoniana há uma modificação substancial nessa estrutura. O espaço e o tempo newtoniano eram coisas separadas, o espaço uma grande caixa, e o tempo a fluidez de acontecimentos que ocorriam dentro dessa caixa, sem se mostrar objetivamente, mas com consequências objetivas. Em Einstein o espaço-tempo é um contínuo, e não se constitui em uma caixa, é uma espécie de tecido que permeia o universo, um tecido em que os objetos são inseridos dentro dele, de modo que a curvatura do espaço não se dê apenas para um dos lados, mas para concomitantemente todos os lados do espaço, quando constatada presença de massa.

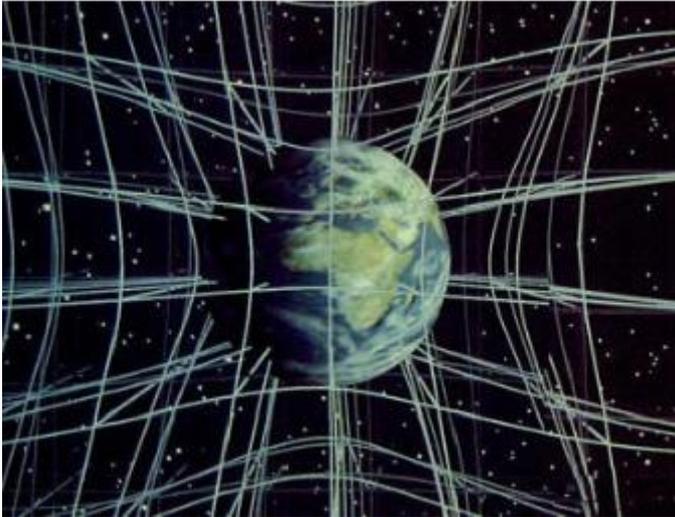
Nesse sentido, o espaço deforma as 3 noções espaciais, além de alterar, como exposto, a dimensão temporal também, que agora está intimamente ligada com o próprio espaço. Eis

---

<sup>47</sup> A *precessão do periélio de Mercúrio* é o nome dado para quando o planeta Mercúrio mais se aproxima do Sol, em seu movimento orbital elíptico.

uma noção teoricamente difícil de visualizar, para tanto, segue a imagem do que poderia representar o efeito descrito:

Figura 2: Espaço tempo curvo.<sup>48</sup>



Fonte: Universo Racionalista

Da mesma forma se comporta o sistema solar, que vinha tendo seu movimento explicado através da gravitação newtoniana, e não por nada, haja vista o fato dessa teoria funcionar muito bem para boa parte do sistema solar, exceto para a precessão do periélio de Mercúrio, como já informado, e como experimento central da teoria, seguindo Chandrasekhar (1974, p. 15):

Uma das primeiras realizações da teoria geral da relatividade foi mostrar que a trajetória de uma partícula de teste, no campo gravitacional de uma massa central, é uma elipse de Kepler com precessão. A concordância desta precessão prevista com a observada para o planeta Mercúrio demonstrou que a teoria tinha combinado com sucesso com um dos três cruciais testes de Einstein.<sup>49</sup>

Quanto a gravitação de Newton, havia uma dificuldade para estimar a precessão do periélio de Mercúrio, tendo que postular a interferência gravitacional de outro planeta a fim de justificar a movimentação de Mercúrio, coisa que as previsões da TRG não precisavam, tendo em consideração que a teoria deu conta de simplificar e tornar exatas as explicações e previsões sobre o movimento do planeta, sem ter que recorrer a um segundo planeta influenciando.

<sup>48</sup> Disponível em: <[universoracionalista.org/a-gravidade-e-a-curvatura-do-espaco-tempo-nocoes-teoricas-de-relatividade/](http://universoracionalista.org/a-gravidade-e-a-curvatura-do-espaco-tempo-nocoes-teoricas-de-relatividade/)> Acesso em: 12/06/2017.

<sup>49</sup> “One of the first accomplishments of the general theory of relativity was to show that the trajectory of a test particle in the gravitational field of a central mass is a Kepler ellipse which precesses. The agreement of this predicted precession with that observed for the planet Mercury demonstrated that the theory had successfully met one of Einstein's three crucial tests.” [Tradução no corpo do texto nossa].

Além dessa explicação, também outra tocante predição foi importante para o desenvolvimento da TRG, no sentido de que abriu portas para a sua divulgação e comprovação. Isso diz respeito a movimentação da luz através do universo, no qual Einstein previa que a luz deveria ser afetada por campos gravitacionais dos astros, quando enviada pelo universo. Isto é, ela deveria respeitar a movimentação da curvatura do espaço-tempo, necessariamente, para que aspectos da teoria fossem comparados como a própria disposição do espaço-tempo.

Essa teorização foi a primeira a ser testada como objetivo de comprovação física, e carregou consigo aspectos dramáticos, desde problemas causados pela primeira grande guerra, até por disposições climáticas ameaçando a experimentação. Tal experimento consistiu na observação de um eclipse solar total, de modo a se perceber e captar o desvio da luz de uma estrela quando sua luz passava perto do Sol, em contraposição a quando mais afastada dele.

Essa noção insurge da perspectiva da própria luz possuir uma constituição massiva. Isso é aspecto ainda da TRR<sup>50</sup>, e talvez seja a decorrência mais famosa da teoria, que não foi abordada neste texto em meados a exposição da primeira teorização, justamente para fundamentar o princípio dessa experimentação quando aqui tratada. É fundamental lembrar que a interação entre a eletricidade e o magnetismo relacionam-se a partir de uma transformação de Lorentz, e a partir disso é percebido o fato de que energia e momento se conservam durante a desintegração radioativa de um corpo. Disso discorre que

Einstein pôde sustentar que o átomo posterior à desintegração haveria de ter massa inferior à do átomo original. E, mais ainda, a quantidade de massa perdida era exatamente igual à energia total,  $E$ , desprendida em virtude da radiação, dividida pelo quadrado da velocidade da luz – ou, em fórmula, sendo  $m$  a massa perdida, então  $m = E/c^2$ . Em palavras de Einstein: ‘*Se um corpo perde a energia  $E$  sob forma de radiação, sua massa diminui de  $E/c^2$* ’. (BERNSTEIN, 1975, p. 87) [Grifo no original].

Dessa perspectiva é que se desprende a famosa equação de Einstein, que postula, como demonstrado no texto citado, uma *equivalência entre massa e energia*, que é justamente o nome do princípio para o qual a fórmula é utilizada. Quando percebido isso, é também notório o fato da conjectura de que a própria luz deve possuir alguma massa, considerando a sua posição enquanto energia. Tendo em vista essa característica, justifica a teorização de que a luz deveria se curvar diante do espaço-tempo curvo de um astro qualquer que esteja em seu caminho. Sobre a equivalência entre massa e energia, Heisenberg (1959, p. 95-96) descreve o seu fundamento, propriamente, indicando que:

---

<sup>50</sup> Na verdade, a noção a ser apresentada é implícita a Teoria da Relatividade Restrita, vem a ser factualmente explícita em outro trabalho, intitulado *Depende a inércia de um corpo de seu conteúdo de energia? (Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energiinhalt abhängig?)*, também publicado em 1905.

Dado que a velocidade da luz é a velocidade limite que nunca pode ser alcançada por nenhum corpo material, é fácil advertir que é mais difícil acelerar um corpo que já está se movendo muito rapidamente do que um corpo em repouso. A inércia aumenta com a energia cinética. Mas, de modo completamente geral, qualquer classe de energia, de acordo com a teoria da relatividade, contribuirá com a inércia, ou seja, com a massa, e a massa pertencente a uma determinada quantidade de energia leva massa consigo; mas até uma energia muito grande leva apenas uma massa muito pequena, e esta é a razão pela qual a relação entre massa e energia não foi observada anteriormente. As duas leis da conservação da massa e da conservação da carga perdem sua validade respectiva e se combinam em uma só lei que pode se chamar lei da conservação da energia ou massa.<sup>51</sup>

Nesses termos, e considerando as decorrências de todos os pressupostos teóricos de Einstein, apenas em 1919 é que se pode verificar fisicamente, e de forma um tanto questionável, a teoria proposta. Devido o furor causado pela TRG, especialmente na Inglaterra, várias equipes se dedicaram a comprovar a veracidade da predição de que a luz se curvaria quando adentrada no campo gravitacional de um astro, e a partir disso se esperou um eclipse solar total, para que a situação fosse colocada em cheque.

A verificação do desvio da luz causado por um campo gravitacional necessitava que fossem tiradas duas fotografias: uma delas gerada pela luz proveniente das estrelas e que não sofreu influência do campo gravitacional do Sol, e outra das mesmas, mas formada pela luz delas proveniente e que, sim, sofreram a influência deste campo. Comparando-se as duas fotografias, poder-se-ia descobrir se a luz das estrelas havia sido realmente desviada pelo Sol, confirmando as previsões da Teoria da Relatividade Geral, em detrimento da mecânica newtoniana. (DAMASIO; RICCI, 2009, p. 35)

Nesse sistema, e com equipes em Porto Príncipe, na África, e em Sobral, no Brasil, os ingleses conseguiram fotografar em chapas a posição de uma estrela durante o eclipse solar total, a fim de comparar com a posição da estrela quando não tendo sua luz afetada pelo campo gravitacional do Sol.

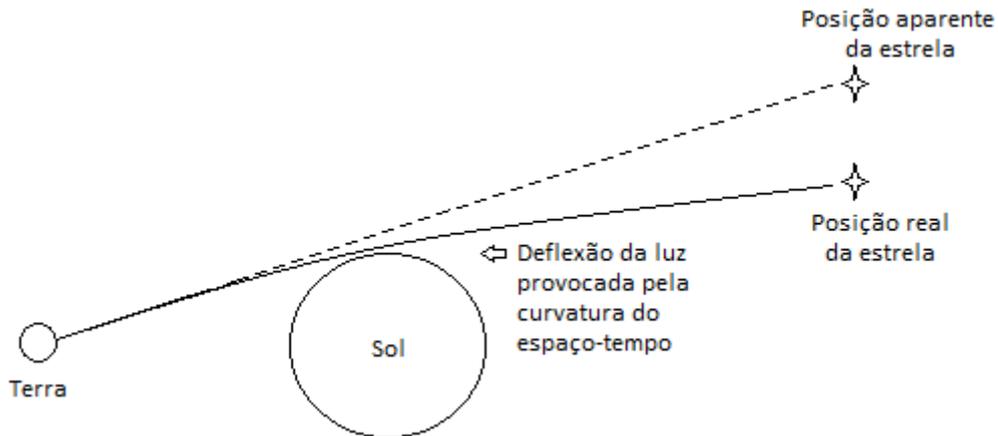
Os ingleses, a partir do observado, acabaram selecionando algumas chapas fotográficas que favoreciam o experimento e publicando em favor da TRG, causando um tumulto científico no mundo, por conta da revolução que ocorria na física. Mesmo que os ingleses tenham forçado um pouco o experimento, ele acabou sendo comprovado posteriormente em outras

---

<sup>51</sup> “Dado que la velocidad de la luz es la velocidad limitativa que nunca puede ser alcanzada por ningún cuerpo material, es fácil advertir que es más difícil acelerar un cuerpo que ya está moviéndose muy rápidamente que un cuerpo en reposo. La inercia há aumentado com la energía cinética. Pero, en forma completamente general, cualquier clase de energía, de acuerdo com la teoría de la relatividad, contribuirá a la inercia, es decir a la masa, y la masa perteneciente a una determinada cantidad de energía lleva masa consigo; pero hasta una energía más bien grande solo lleva una masa muy pequeña, y esta es la razón por la cual la relación entre masa y energía no fué observada com anterioridad. Las dos leyes de la conservación de la masa y la conservación de la carga pierden su validez respectiva y se combinan en una sola ley que puede llamarse ley de la conservación de la energía o masa.” [ Tradução no corpo do texto nossa].

experimentações, e no final eles estavam certos. A disposição da experimentação segue o mesmo modelo do que se apresenta na figura 3.

Figura 3: Representação da deflexão da luz quando atraída por um campo gravitacional



Fonte: Elaboração própria.

Além de toda essa concepção modificada da natureza do espaço-tempo, é interessante recordar o fato do próprio tempo fazer parte dessa relação, e com a indicação de que a massa curva o espaço, que pressupõe que objetos com massa menor, dentro de sua órbita, sejam atraídos, também temos de dispor acerca do tempo. De forma mais resumida, por conta do princípio da equivalência já ter sido apresentado, reiteramos que esse princípio vale aqui também, especialmente no tocante a ação do campo gravitacional. Campos gravitacionais afetam o tempo, de modo que a atração exercida pelo campo possui uma aceleração, e essa aceleração afeta de forma que o tempo passe mais devagar para quem está sob sua influência.

É justamente essa concepção que possibilita a utilização de um Sistema de posicionamento Global por Satélite (GPS), por exemplo. Para a utilização de um GPS, é necessário que se ajuste constantemente o tempo do satélite em relação aos usuários terrestres, já que a atração gravitacional exercida pelo planeta para com o satélite é consideravelmente mais baixa do que para com o terrestre, desse modo, a cada determinado período de tempo o satélite estaria mais adiantado em relação ao usuário. Se as medidas de triangulação do posicionamento, feitas pelo GPS, não fossem calculadas conforme as previsões da TRG, os aparelhos errariam, dentro de alguns dias, as distâncias em períodos enormes.

Outra decorrência da TRG, e a última a ser aqui abordada, é a da previsão de *Ondas Gravitacionais*, isto, de ondas no próprio tecido espaço-temporal, que se propagam na velocidade da luz: “Na teoria geral, forças gravitacionais são propagadas com a velocidade da

luz, e como consequência isto seria natural se a teoria previsse a emissão e propagação de ondas gravitacionais pelos sistemas que são não-estacionários” (CHANDRASEKHAR, 1974, p.15)<sup>52</sup>. Essas ondas poderiam ser captadas através de uma ocorrência espaço-temporal que perturbasse o próprio espaço-tempo, como a colisão de planetas, ou a explosão de supernovas<sup>53</sup>. Essas ocorrências acabariam perturbando o espaço-tempo, e dessa forma, se pudéssemos captar essas ondas, teríamos certeza sobre a condição física desse espaço-tempo.

Uma forma de captar essas ondas é através de um aparelho muito parecido com o utilizado por Michelson e Morley em sua experimentação a fim de encontrar o éter, mas em uma escala muito maior. Grosso modo, as ondas gravitacionais também causariam perturbações em um interferômetro, que necessita de uma grande precisão<sup>54</sup>, e assim seria capaz de comprovar mais essa previsão da TRG. Esse interferômetro foi, factualmente, posto em prática, e levou cerca de vinte e três anos para apresentar pleno funcionamento, e, conseqüentemente, resultados.

Cerca de um pouco mais de cem anos após Einstein tornar pública sua teoria geral da relatividade é que esse interferômetro, formulado pelo *Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory* (LIGO), evidenciou a existência de ondas gravitacionais. Segundo o que Levin (2016, p. 214 - 221)<sup>55</sup> descreve em sua obra, a detecção dessas ondas causou, inclusive, um ponto de incredulidade por parte dos próprios desenvolvedores do projeto, que acabou se tornando uma pura satisfação e uma confirmação clara das previsões da TRG. Não restam dúvidas de que o espaço-tempo é uma estrutura física e que se manifesta, que pode ser percebida. E com isso, de modo algum, se concluí termos na física; a provação dessas ondas pelo LIGO estão interligadas com outras previsões da TRG, que aqui não foram tratadas, julgando o fato de que essas evidências são suficientes para indicar a natureza e o comportamento do espaço-tempo.

---

<sup>52</sup> “On the general theory, gravitational forces are propagated with the velocity of light, and as a consequence it would be natural if the theory predicted the emission and propagation of gravitational waves by systems that are nonstationary.” [Tradução no corpo do texto nossa].

<sup>53</sup> Estágio final da evolução de algumas estrelas, que se caracteriza por uma grande explosão, assimilando a própria fundação de uma nova estrela, entretanto acaba se dissipando ao longo do tempo.

<sup>54</sup> É claro que aqui se descreve o processo de forma bastante compacta, pois há, por detrás do interferômetro utilizado para detecção das ondas, uma série de processos, desde manuais a automatizados, executados tanto por humanos quanto por supercomputadores, que auxiliam na percepção requerida.

<sup>55</sup> Levin descreve, durante toda obra, em um tom romanceado, no sentido de tornar uma exposição corrida e ilustrativa, boa parte do processo de fundação do LIGO, bem como dos resultados obtidos. Tudo é feito através de entrevistas com os próprios físicos participantes, Rainer Weiss, Ronald Willian Prest Drever e Kip Stephen Thorne, indo além e esboçando o próprio funcionamento do observatório.

### 3.3 Considerações Parciais

A física, no seu desenvolvimento moderno, suscitou uma série de benefícios tanto práticos quanto teóricos, indo desde a utilização e manipulação de uma mecânica na construção civil até a manipulação eletromagnética a fim de gerar luz. As bases teóricas de grande parte do desenvolvimento humano, enquanto sociedade científica, se deve a descobertas dos estudiosos da física moderna, e de modo algum isso deve ser desrespeitado.

Embora a noção espaço-temporal newtoniana não corresponda a realidade estrita, ela é totalmente intuitiva. Isso se concebe por conta de a correção frente as utilizações diárias, na construção de um prédio, por exemplo, ser mínima em relação a relatividade de Einstein, aproximando os valores e facilitando os cálculos. Entretanto, quando se trata de uma análise da disposição do universo, do comportamento da matéria, e em especial, do comportamento gravitacional dos planetas, a figura muda, e newton se torna incapaz de explicar com sua teoria, o que a relatividade geral o faz.

Vimos, neste capítulo, uma exposição da física precedente a Einstein, não nos seus mínimos detalhes e na sua exposição mais detalhada, mas em um contexto suficiente para possibilitar a compreensão. Desde a tomada de uma relatividade com Galileu, o acréscimo da conceituação a partir do brilhantismo da teoria de Newton e passando pelo desenvolvimento do eletromagnetismo de Maxwell é que se fundamenta a exposição precedente a TRR e TRG.

Saindo dessa concepção clássica, pudemos acompanhar um pouco, mesmo que de forma parcial, a trajetória einsteiniana na análise das equações de Maxwell e na concepção da luz como onda eletromagnética. O postulado da luz tendo uma velocidade uniforme para todos os referenciais inerciais suscitou uma das mais belas teorias já elaboradas, além do fato de todos os referenciais inerciais serem igualmente bons para todas as leis da física. No limiar dessa discussão, insurgem outras predições, especialmente a partir da análise da natureza da luz. O espaço-tempo agora factualmente relaciona espaço e tempo de modo que a alteração de um é capaz de afetar o outro. Mudanças no espaço afetam o tempo, mudanças temporais afetam o espaço, e o deslocamento em altas velocidades é capaz de deformar este espaço-tempo.

Dessas primeiras noções formuladas pela TRR insurge, e necessariamente tem de ser elaborada, uma teorização que modifique a natureza da teoria gravitacional, elaborada por Newton. Uma nova fase inicia-se para a astronomia e astrofísica, surge a noção de um tecido espaço-temporal, e a gravidade não é mais explicada pela interação de forças a distância, mas sim pelo campo gravitacional gerado a partir da curvatura do espaço-tempo na presença de massa, que é, de alguma forma, uma deformidade similar a causada pelo movimento em

altíssimas velocidades, já que a massa também é concebida de maneira diferente quando a partícula é acelerada.

Dessas noções, tanto na TRR quanto na TRG, incorrem alguns testes, e disso se concebe propriamente a noção do espaço-tempo como uma estrutura entrelaçada, que se comporta de maneira física, e além disso, apresenta evidências de sua ocorrência enquanto estruturas físicas. O espaço-tempo não é, e nem pode mais, substancialmente ser concebido como uma estrutura psicológica, e nisso enfocaremos no próximo capítulo.

Por fim, como se pode ter percebido, por hora, os textos do próprio autor da teoria, mesmo que tendo se dedicado a exposição não técnica das formulações, acabaram não constituindo a linha de exposição do trabalho. Isto se dá devido ainda a uma certa complexidade da exposição. Einstein, de forma alguma, subestima o leitor, aplicando uma gama de exemplos e formulações um pouco mais técnicas, mesmo que em nenhum momento tornem-se obscuras. Mas a clareza da exposição se faz primordial no tocante ao objetivo do texto e, portanto, comentadores com potencial didático elevado se tornam necessários para auxiliar no feito. Isso facilita a comparação com a estrutura filosófica de Kant, que será abordada na sequência.

#### 4 Entre a Estética Transcendental e a Relatividade Geral

A história premiou-nos com uma série de teorias acerca da natureza do espaço e do tempo, sejam elas de onde vieram e o que fundamentavam. Seja na literatura ou na física, o que se pode observar a partir delas é uma tentativa de justificar a maneira com que vemos o mundo, ou em um senso ainda mais estrito, as coisas que se encontram no mundo. Tanto a teoria kantiana quanto a einsteiniana, mais amplamente abordadas, possuem uma beleza e consistência que poucos conseguiram ao longo da história. É por isso que se optou por trabalhar justamente estas duas teorias.

Embora a física moderna não tenha considerado frontalmente a teoria kantiana, não fomos capazes de perceber algum desmonte, ou objeção, por parte dos teóricos. Entretanto, na física, ainda se optou pelo prosseguimento teórico newtoniano. Mas isso não se deu gratuitamente, esse princípio era usual e correspondia com o que se esperava de uma estrutura física. É assim que Einstein recebe as teorias, e embora físico que fosse, fundamentava sua física em aspectos teóricos.

A partir das concepções destes autores acerca do espaço e do tempo, procuraremos contrapor suas noções, em balanço geral, a fim de verificar a possibilidade de sua coexistência, caso não haja uma contradição severa. Nisso, recuperaremos a formulação kantiana e também a einsteiniana e, quanto lado a lado, tomaremos as evidências que justifiquem nossa construção teórica. Nesse sentido, podemos nos questionar primeiramente se esta é uma discussão sobre um conhecimento espaço-temporal *a priori* ou *a posteriori*?

Difícil torna-se a tarefa de contrapor as teorias por conta de que, em Kant, espaço e tempo são coisas independentes, já em Einstein, fazem parte de um mesmo esquema estrutural. O contraponto reivindica posições teóricas paralelas, o que se pretende fazer em certa medida. A exposição sobre o espaço e o tempo kantianos serão, de qualquer forma, isoladas, tanto quanto o autor o fez, e a contraposição einsteiniana, embora possa soar repetitivo, será utilizada na sua íntegra também, já que não existe possibilidade de desvencilhar o espaço-tempo.

Como vimos no primeiro capítulo, já suscitam noções contrapostas do próprio Kant para com seus antecessores no tema, e supostamente congregando teorias e fundamentando um princípio do conhecimento que esses filósofos que o antecederam foram incapazes. Da mesma forma deve ser feito em relação a Einstein de modo que, os princípios kantianos para a fundamentação do espaço<sup>56</sup> sejam expostos e contrapostos.

---

<sup>56</sup> Primeiro se contraporá as noções espaciais, e em seguida a perspectiva temporal.

A fundamentação kantiana para com o espaço toca em quatro pontos básicos já demonstrados, e para tanto não focaremos em uma nova exposição, apenas em lapsos a fim de rememorar. Mas antes de abordar os quatro pontos, relembremos que Kant considerou o espaço como uma propriedade do sentido externo, e isso é importante de ser destacado, pois é o espaço que faz uma ponte para com a realidade a ser percebida. Em Einstein o espaço também é uma condição de possibilidade da percepção, mas não como uma instância metafísica; o espaço de Einstein se aproxima muito mais do que propôs Newton, embora não seja simplesmente uma *caixa de depósito*.

Tendo o espaço vinculado ao sentido externo, cabe a Kant apresentar a natureza desse espaço, de forma com que o que é externo ao sujeito demande dessa noção. O primeiro ponto suscitado é o de que nenhuma experiência física proporciona a conceituação de espaço. Pelo contrário, toda noção externa pressupõe, já, um fundamento a partir da perspectiva espacial para que seja percebida. Nesse mesmo viés segue o segundo ponto, que é decorrência do primeiro: o espaço tem de ser apriorístico, pois não se pode ter uma representação sem que haja espaço, embora se possa ter uma noção de espaço sem objetos. Nesse viés, a experiência pressupõe o espaço.

É exatamente o oposto que surge a partir da concepção física proposta por Einstein; o espaço-tempo possui características externas sim, e que vão além de uma teorização simples. Nesse quesito se pode levantar dúvidas quanto à formulação tanto da TRR quanto da TRG, de modo que ambas foram, primeiro teorizadas, e depois verificadas na realidade. Dessa forma uma das objeções que poderia ser erroneamente tratada é a de que o espaço-tempo tem, necessariamente, que possuir alguma característica interna, apriorística, já que isso possibilitaria uma teorização antecedente ao levante experimental das características espaço-temporais.

Entretanto, não é nenhum segredo que Einstein parte de pressupostos. É objetivamente a partir do eletromagnetismo e do comportamento da luz enquanto onda eletromagnética que surge a TRR, e isso já pressupunha um experimentalismo. A própria velocidade da luz, como algo objetivo, já havia sido postulada porque fora testada. É nesse sentido que se torna errado afirmar que a teoria de Einstein parte de um inatismo teórico. Sobre isso afirma Russell (1981, p. 207):

Alguns acham que ela [a teoria da relatividade] apoie o ponto de vista de Kant de que o espaço e o tempo são “subjetivos” e “formas de intuição”. Creio terem essas criaturas sido conduzidas ao erro pela maneira de os que escrevem sobre relatividade se referirem ao “observador”. É natural supor-se que o observador seja um ente humano, ou, pelo menos, uma mente; mas existe igual possibilidade de que seja uma chapa fotográfica ou um relógio. Em outras

palavras, os resultados estranhos quanto às diferenças entre um “ponto de vista” e outro dizem respeito a “ponto de vista” em um sentido aplicável tanto a instrumentos físicos quanto a criaturas dotadas de percepções.<sup>57</sup>

A TRR e a TRG são na ampla maioria das vezes tratada de uma forma um tanto descuidada pelos expositores das teorias. Esse descuido pode gerar problemas de compreensão efetiva, como bem exposto por Russell. Normalmente se é exemplificado o princípio da relatividade a partir de observadores humanos, e isso o é feito inclusive neste texto, mas é importante salientar que, as alterações espaço-temporais, tanto quanto sua relatividade, é independente de noções cognitivas, elas existem no mundo e podem ser verificadas.

Aqui se faz importante também definir que a relatividade fundamentada em Galileu, que passa por Newton e revoluciona a física em Einstein não tem vínculo com o princípio relativístico de Leibniz. Espaço e tempo são uma coisa, a relatividade ocorre no espaço-tempo, mas a percepção do espaço-tempo não é relativa aos objetos do mundo, o espaço-tempo pode ser percebidos como coisa em si, e ademais, é necessário para a alocação da matéria no universo<sup>58</sup>. Então, por evidências, o argumento leibniziano de um espaço e tempo a partir do princípio da *indiscernibilidade dos indiscerníveis* não se sustenta.

Mas voltando ao contraponto com Kant, há também mais duas exposições acerca dos fundamentos do espaço, e estas duas concepções demandam as primeiras, mas tratam de outra temática: de que o espaço não pode ser um conceito. Isso ocorre, e é bastante lógico que Kant tenha feito esse movimento argumentativo, porque podendo o espaço ser conceituado, então ele é suscetível a percepção, pois é assim que funciona a base do entendimento e, portanto, da conceituação.

Nesse terceiro e quarto argumentos Kant discorre, respectivamente, que o espaço não pode ser um conceito, ele é uma intuição. A afirmação se justifica a partir da exposição de que o espaço é essencialmente uno, de que só há um único espaço, e que qualquer partição espacial que seja, pertence a essa unidade. O espaço não pode ser um conceito discursivo das partes do espaço, já que ele não é constituído a partir delas, e sim elas são abstraídas dessa unidade. Essas partes, inclusive, dependem do espaço para que sejam levadas em consideração, e não o contrário.

O quarto ponto segue a mesma linha, e desenvolve um pouco mais afirmando que se o espaço fosse conceitual, suas partes também deveriam ser, enquanto constituintes do espaço,

---

<sup>57</sup> Adendo nosso.

<sup>58</sup> Não é totalmente correto informar que o espaço-tempo funciona de pano de fundo para a matéria, já que ambos compõem o mesmo estatuto físico, e dependem um do outro. O espaço-tempo afeta a matéria tanto quanto a matéria afeta o espaço-tempo.

assim como animal e racional constituem o ser humano. Mas é o espaço em si que fundamenta as partições, como visto, então não há possibilidade de um complexo conceitual, que construa o espaço a partir de partes menores. Disso decorre que o espaço tem de ser uma intuição apriorística, condição fundamental para a percepção dos fenômenos do mundo. Se assim não fosse, o espaço deveria ser percebido, e na verdade Kant defende, em exemplificação, que é possível se abstrair todos os objetos do espaço, mas não se pode remover o espaço em que se inserem os objetos.

Essas noções sobre a discursividade do conceito de espaço não são abordadas em Einstein, mas elas podem ser abstraídas a partir do que se supõe na relatividade. Se para Kant o espaço não pode ser um conceito, porque conceitos provém do entendimento, e o espaço é uma *forma pura da sensibilidade*, então como se sucede após abstrairmos da realidade à noção espaço-temporal? Pois é justamente isso que ocorre a partir da análise instrumental da TRR e da TRG, em especial da TRG, pois já surgem algumas definições acerca do espaço-tempo, como a existência de uma curvatura quando constatada presença de matéria, ou mesmo mais contemporaneamente, a partir da detecção de ondas gravitacionais.

A decorrência de se ter um espaço como *forma pura da sensibilidade a priori* é fundamental na justificação da geometria, uma ciência que depende exhaustivamente da noção de espaço, enquanto *juízo sintético a priori*. A geometria é exposta como decorrência transcendental do espaço enquanto *forma pura da sensibilidade a priori*, e essa noção não necessariamente precisa ser desmantelada, mas necessita sim de uma modificação. A geometria não pode ser concebida enquanto apriorística tampouco, já que a própria noção espaço-temporal se encontra externa e independente ao sujeito.

Mas enquanto linguagem, e especialmente enquanto método de análise espaço-temporal, a geometria permanece como teoria sobre as noções espaciais. A relatividade einsteiniana derruba a noção da geometria enquanto fundamentada pela noção de espaço *a priori*. Além disso, segundo Weinert (2005, p. 590):

A geometria, portanto, tornou-se uma ferramenta importante em seu esforço para entender a gravitação. À luz do desenvolvimento das geometrias não euclidianas no século XIX, não era mais possível considerar a geometria euclidiana como um conhecimento sintético a priori da estrutura de toda a experiência possível.<sup>59</sup>

---

<sup>59</sup> “Geometry therefore became an important tool in his endeavour to understand gravitation. In the light of the development of non-Euclidean geometries in the 19th century, it was no longer possible to regard Euclidean geometry as synthetic a priori knowledge of the structure of all possible experience.” [Tradução no corpo do texto nossa].

Isso porque o espaço não parecia se comportar, justamente pela sua posição de uma geometria geodésica, conforme a geometria euclidiana. Essa nova geometria traçada pela TRG demanda um fundamento experimental. Há necessidade de testes no mundo empírico, e ademais, há a possibilidade de testes no mundo empírico, enquanto a geometria euclidiana operava racionalmente. A noção de que a menor distância espacial é por uma reta traçada do ponto A até o ponto B não corresponde mais a realidade de observação do mundo, já que em um espaço curvo a menor distância não pode ser reta.

Uma última concepção espacial que pode ser tomada é a de um espaço absoluto. Aqui sim, há uma discordância fundamental entre ambas teorias<sup>60</sup>. O espaço-tempo einsteiniano não aceita a noção absoluta<sup>61</sup>, a própria nomenclatura da teoria já nega essa perspectiva. O espaço-tempo é relativo, e se modifica conforme o sistema referencial do observador. Isso parece, de alguma forma, indicar que o espaço-tempo depende da mente que observa para se constituir, o que não é verdade; o espaço-tempo depende das condições físicas em que o observador está inserido, e esse observador, seja humano ou não, precisa ter a capacidade de afecção. Um satélite de GPS observa o tempo passar de forma mais lenta que o aparelho de GPS da Terra, e para isso precisa de pareamento e manutenção contínua, para que permaneça funcionando.

Em relação as noções temporais, tanto quanto as espaciais, Kant fundamenta os princípios metafísicos que condicionam essa concepção. Nessa noção, cinco pontos são levantados, divididos em uma espécie de dois blocos temáticos. A exposição metafísica do tempo lembra muito o que é feito com o espaço, embora possua suas particularidades, e essas noções temporais ofertam um interessante contraponto para com o espaço-tempo de Einstein. Oferta, inclusive, ideias que podem ser consideradas, e que, à primeira vista, não são destituídas de credulidade.

Isso talvez remeta ao fato do tempo, além de instância física, também ser uma instância particular ao sujeito. A forma de percepção temporal, de concepção do movimento, essa perspectiva de fundamentação da sucessividade não precisa ser abandonada, mas deve, necessariamente, passar por uma remodelação. Um sentido interno concernente ao tempo não precisa ser negado, mas em aspectos do conhecimento das coisas do mundo, o tempo é

---

<sup>60</sup> Recordando que o espaço, em Kant, é também absoluto, visto que é uma unidade infinita, que pode ser particionada, mas não o é constituído pelas partes, no sentido de existente por causa dessas partes. Essa noção se distingue de um espaço-tempo que se modifica conforme é observado, e sobre a infinitude do espaço-tempo, não há conclusões a partir da TRR ou TRG.

<sup>61</sup> A perspectiva de uma estrutura espaço-temporal absoluta não permitiria que as decorrências da TRR e TRG fossem relativas. Se o espaço-tempo fosse, de fato, algo absoluto, não permitiria a interação observada entre o próprio espaço e a matéria, em que eles bicondicionalmente se afetam.

concebido como parte do contínuo espaço-temporal, e isso gera alguns problemas frente à concepção kantiana.

O tempo, em Kant, fundamenta-se metafisicamente, em primeiro lugar, em um bloco de três pontos que o isolam da empiria, do mundo físico. Esse movimento é necessário para que se justifique a noção como *forma pura apriorística*. No primeiro ponto levantado por Kant, a argumentação que se segue diz respeito ao fato do tempo não poder ser abstraído da experiência por conta do próprio ser necessário para a compreensão da simultaneidade e sucessividade, e essas noções podem – e o fazem – anteceder a experiência física. O tempo é pressuposto para que haja uma fluidez no mundo.

Para facilitar a exposição, nesse sentido, rememoremos os outros dois pontos que também tratam dessa questão: o segundo ponto levantado, e decorrente do primeiro, indica que é impossível retirar o tempo de qualquer percepção fenomênica que seja, entretanto, é possível um recorte temporal em que inserida esteja a noção fenomênica. Nesse sentido o tempo deve ser *a priori*. O terceiro argumento expõe que o tempo também é absoluto, só possui uma dimensão e, análogo ao espaço, não pode ele ser particionado. Tempos diferentes são sucessivos, nunca simultâneos, porque a sucessividade garante a universalidade do tempo, assim como a simultaneidade garante a do espaço.

Essa formulação na tentativa de isolar o tempo da experiência demanda uma revisão: o tempo, a partir da concepção einsteiniana, pode ser sim abstraído da experiência, e ele é objetivamente abstraído da experiência. A fluidez não ocorre apenas em sujeitos cognoscentes, ela pode ser advinda de materiais físicos, isto é, de qualquer regularidade física, independente de consciência, isso reformularia o tempo como noção *a posteriori*. A sucessividade deve, portanto, ser abstraída da realidade, e não porque nós somos capazes de depositá-la, mas porque ela advém efetivamente do mundo, embora pressuponhamos ela para perceber o que quer que seja. A fluidez do mundo ocorre fisicamente, independente de observadores, e é percebida de forma diferente, dependendo o estatuto referencial do observador.

O tempo ainda pode ser recortado, mas de forma congregada com o espaço. Não faz muito sentido tentar remover uma parcela exclusiva de tempo, sem que haja um momento no espaço congregado a isso. Um ponto no espaço-tempo pode ser abstraído isoladamente, sem que se espaço e tempo se separem; quando tomada um instante temporal, também é tomado um instante espacial, e o contrário é válido da mesma forma: quanto tomado um evento espacial, ele só faz sentido se estiver em um instante tal, e é disso que se suscita um espaço-tempo quadridimensional:

De maneira análoga, o mundo dos eventos físicos, que Minkowski chama simplesmente o ‘mundo’, ou ‘universo’, é naturalmente de quatro dimensões no sentido espaçotemporal. Pois ele se compõe de eventos individuais, cada um dos quais descrito por quatro números, a saber, as três coordenadas espaciais  $x$ ,  $y$ ,  $z$  e uma coordenada temporal, o valor do tempo  $t$ . (EINSTEIN, 2012, p. 49)

O espaço-tempo não é absoluto, factualmente, e isso já foi exposto no tocante a relação com o espaço; o tempo se altera conforme o referencial e, portanto, é relativo. O tempo não possui uma única dimensão, como é proposto por Kant, mas conceitualmente ele pode ser considerado como infinito, e sobre o referencial Königsberg, infinitamente ofertará a mesma percepção. Mas como exemplificado no capítulo anterior, tempos diferentes podem ser simultâneos sim, e isso pode ser abstraído da realidade, conforme se modifica o referencial.

Outros dois pontos suscitados por Kant na exposição temporal não mais dizem respeito ao seu isolamento para com a sensibilidade, mas sim em relação a impossibilidade do tempo ser conceitual. O tempo não pode ser um conceito, já que suas partições são partes do mesmo tempo, e esse grande tempo, único e universal, deve ser uma intuição, e análogo ao espaço, não pode ser conceituado. O segundo ponto, quinto no geral, informa que o tempo é infinito, além de absoluto, e essa noção pertence ao sentido interno do sujeito, de modo que é necessário para a afecção dos fenômenos, de alguma forma, anterior ao próprio espaço.

Mas como em Einstein o espaço-tempo pode ser abstraído da realidade, então se poderia conceituar acerca deles, e nenhuma novidade argumentativa surge a partir dessa perspectiva. Quanto ao tempo como sentido interno, não necessariamente é uma hipótese que vinga. O tempo é requerido sim para a compreensão do mundo, e para a própria concepção do movimento interno do sujeito, dos seus pensamentos e afins, que no fundo também possuem uma estrutura neuronal física, e dessa forma espaço-temporal. Certamente Kant não tinha acesso a conhecimentos além do seu tempo, e suas conjecturas respeitam seu período histórico.

O ser humano, tanto quanto qualquer outra matéria que esteja presente no universo, está sujeito a relatividade espaço-temporal, e a fluidez do espaço-tempo justifica a fluidez também de um espaço-tempo humano, em sua determinada perspectiva. A decorrência transcendental do tempo em Kant é justamente acerca da noção de movimento, haja vista a ideia do movimento ser necessário até mesmo para a formulação de um conceito, e para a que haja movimento se pressupõe o tempo. Isso é factualmente uma realidade, o que difere é de onde surge esse tempo; o movimento jamais poderia ocorrer se o tempo fosse uma instância psicológica, puramente, e nem em Kant o é. O tempo é uma *forma pura* a fim de abstrair a sensibilidade do mundo fenomênico, justificaria o filósofo, mas a contraparte é encontrada na própria realidade.

Algumas objeções poderiam ser levantadas frente a contraposição teórica dos autores; será que o que ocorre não é apenas uma mudança de perspectiva frente a conceituação espaço-temporal? Por que o espaço-tempo, enquanto percebido relativamente, não pode ser uma instância pessoal e intramental? As respostas não são tão complexas: há sim uma alteração de perspectiva espaço-temporal, de forma que toda teoria suscitada por Kant acaba não suprindo as exigências teóricas que são demandadas para a estrutura de análise física. A própria ciência demanda a Teoria da Relatividade para explicar inúmeros casos, para se fomentar e fundamentar estudos.

Quanto à instância intramental, não há motivos para crer que Einstein tenha se oposto a uma noção intrapessoal de tempo, seja ela qual for. Entretanto, acreditar que essa noção, intrínseca ao ser humano, seja especial e permita a compreensão da realidade de modo que nenhum outro ser consiga o mesmo, ou pelo menos consiga em partes, deixa a desejar na própria objetividade da análise e compreensão da física moderna. Acrescendo essa noção, afirmam Einstein e Infeld (2008, p. 242):

A sensação psicológica subjetiva de tempo nos permite ordenar as nossas impressões, declarar que um acontecimento precede outro. Mas ligar todo instante de tempo a um número, pelo uso de um relógio, considerar o tempo um contínuo unidimensional, já é uma invenção. Assim também os conceitos das geometrias euclidiana e não euclidiana, e o nosso espaço compreendido como um contínuo unidimensional.

Ocorrências físicas podem se constituir enquanto tal, e nesse caso, demandando uma espécie de subsídio, que consiste exatamente no espaço-tempo. Se a teoria einsteiniana vai de apoio à concepção intramental kantiana, então o próprio espaço-tempo seria destituído de sua veracidade, se contradiria nos termos em que, supostamente, suportaria. Categoricamente pode-se considerar que não, a relatividade einsteiniana não suporta perspectiva intramental, muito pelo contrário, sustenta as conceituações como comprovadamente externas.

O espaço não pode mais ser considerado algo absoluto, nem no modelo newtoniano, tampouco no kantiano, mas também não se sustenta a partir da relação de objetos, como queria Leibniz. A verificação física do comportamento espaço-temporal não consegue sustentar uma perspectiva absolutista, ainda, já que o espaço-tempo é fisicamente relativo. E quanto a noção de que o relativismo espaço-temporal einsteiniano se restringe a uma análise interna a um espaço-tempo absoluto,

[...] uma sucessão de autores contemporâneos mostraram que tais alegações não são totalmente sustentadas pela TRG como normalmente se supõe. Para explorar as questões envolvidas, precisamos nos concentrar claramente na ideia de um modelo da TRG. Precisamos de modelos para caracterizar uma gigantesca gama de contextos gravitacionais, que vão de planetas girando em torno do Sol a distantes buracos negros em rotação. (RAY, 19, p. 179)

Esses modelos são intrinsecamente relativos ao que se quer observar por nós e, portanto, descaracterizam uma relação espaço-temporal absoluta.

O contraponto Einstein-Kant demonstra, no fundo, uma impossibilidade de manutenção exata da teoria kantiana. Deve-se notar, portanto, que isso não significa que a teoria deva ser ignorada; pode haver modelos de reformulação que, quando adaptados, possam correr em comuta com os aspectos levantados pela relatividade einsteiniana. Entretanto, nos termos em que se fundamenta a partir de Kant, é improvável que se sustente.

Algumas palavras escritas por Russell podem parecer cruéis frente a teoria kantiana, mas talvez sejam necessárias a ponto de desvencilhá-las de um princípio que até hoje é defendido por muitos. Sobre a teoria da relatividade vista como adendo a Kant, afirma Russell (1981 p. 208):

A teoria não diz que tudo é relativo; ao contrário, fornece uma técnica para distinguir o que é relativo do que pertence de direito a uma ocorrência física. Se dissermos que ela apoia Kant no tocante ao espaço e ao tempo, temos de dizer que o refuta quanto ao espaço-tempo. A meu ver, nenhuma das duas afirmativas é correta. Não vejo razão alguma para que os filósofos não se atenham, em tais questões, aos seus pontos de vista anteriores. Não houve argumentos conclusivos de nenhuma das partes, e não os há agora; a defesa de qualquer desses pontos de vista revela mais temperamento dogmático do que científico.

A acidez de Russell pode parecer cruel, mas é uma tentativa de concretar a lápide de uma perspectiva que não consegue mais se sustentar.

#### 4.1 Considerações Parciais

As divergências teóricas entre os autores são muitas. Não porque eles se embatam propositalmente, mas porque o conhecimento de determinadas épocas permitiu com que os resultados atingidos fossem diferentes. As diferentes áreas abordadas também suscitam caminhos alternativos para a compreensão sobre um determinado tema. Entretanto, quando essas áreas visam explicar a natureza do mesmo objeto de estudo, as contraposições são justificadas.

Assim o é feito em relação ao espaço e tempo em Kant e Einstein. A fundamentação kantiana espacial e temporal não oferta os subsídios que se encontram na fundação teórica einsteiniana, e isso acaba implicando em uma derrocada. Mesmo que algum neo-kantiano possa tentar justificar as formulações, terá de modificar drasticamente a teoria para que possa ser considerada novamente, especialmente no tocante ao *apriorismo* das noções espaço-temporais.

Neste capítulo pudemos colocar lado a lado duas teorias importantíssimas, a fim de verificar a possibilidade de subsistência de ambas. Primeiro a partir do exposto argumentativo kantiano acerca do espaço e do tempo, seguindo-se, sempre, por uma tratativa contraposta a partir da teoria da relatividade einsteiniana, tanto restrita quanto geral. As decorrências suscitadas não são tão surpreendentes, haja vista o aporte físico da teoria da relatividade.

As conclusões atingidas fomentam uma forma de pensar sem um suporte metafísico, no tocante ao espaço-tempo. Não há possibilidades de sustentar uma intuição apriorística da sensibilidade no modelo kantiano, que remete exclusivamente ao espaço e tempo, já que a estrutura espaço-temporal possui um caráter físico, originariamente apartado de um *apriorismo*.

Dessa forma é que se deve compreender o contexto contemporâneo a fim de se elaborar exposições sobre o espaço-tempo. Não mais se deve deixar levar pela perspectiva inatista do espaço como condições de compreensão da realidade, o que implica uma reformulação da teoria do conhecimento, que ainda pode ser ontológica, desde que não se fundamente ontologicamente, mas parta do universo físico para conceituações ontológicas.

## 5 Considerações Finais

No texto que se seguiu pretendemos a exposição, e além disso, a informação acerca de duas grandes teorias acerca do espaço e do tempo (espaço-tempo). A compreensão da realidade demanda uma estruturação teórica sobre essa temática, e a isso sempre se buscou fundamentar historicamente, como vimos. Desde as mais remotas teorias, o espaço e o tempo se fazem pioneiros, seja no mito, na filosofia ou na física, na literatura ou na geografia, os aspectos espaço-temporais são cruciais para qualquer referência ao mundo.

Partimos, neste trabalho, de uma exposição a partir da modernidade, porque era o mais conveniente a se fazer dado que o primeiro autor estudado, Kant, estabeleceu um debate com perspectivas teóricas que o antecederam já no período moderno. Essa noção moderna já concatena teorias supostas historicamente, de forma mais desenvolvida, e relacionada ao meandro físico para a interpretação da realidade. Pudemos, brevemente, acompanhar a elaboração teórica newtoniana sobre sua concepção espaço temporal e as justificativas que permeavam essa concepção. Tendo o espaço e o tempo como fundações absolutas e infinitas, focando em uma noção física de espaço tridimensional, e de um tempo como estrutura que flui e possibilita o acontecimento físico.

Pudemos, também, visualizar um contraposto teórico ainda em época, em relação a Newton. Tudo suscitado a partir de um racionalismo leibniziano. Para Leibniz, espaço e tempo possuem características mais empíricas, não tão realistas quanto pressupostas pelos físicos. Espaço e tempo são relativos, em Leibniz, e isso tampouco indica uma relatividade como a que se pretende a partir de Einstein, que advém de uma reformulação teórica do que, inicialmente, foi desenvolvido por Galileu e Newton.

Um relativismo para Leibniz implica em uma concepção do espaço, e também do tempo, percebida através da relação de eventos. O espaço deve ser, no fundo, a relação de simultaneidade entre eventos, isto significa que o espaço só é concebido racionalmente, e a partir da própria relação entre as coisas do mundo. Da mesma forma ocorre com o tempo, que é percebido a partir da relação de sucessividade da ordem das coisas.

Essas duas teorias confrontantes serviam de aporte para duas concepções intelectuais distintas. Uma de ordem fisicalista, outra de amonte racionalista. Esses fundamentos foram motivos de discussão teórica em sua época, e Kant, num período seguinte, se propõe, não exatamente concatenar as noções, mas abstrair o que delas lhe parece útil, e desprezar o que não vem ao caso para a sua teoria. Kant pretende, na sua CRP, uma exposição da possibilidade

da metafísica enquanto ciência, e nisso, quanto a exposição de uma teoria do conhecimento, o movimento de percepção estética do mundo demanda noções metafísicas.

A estética transcendental kantiana fundamenta, metafisicamente, uma concepção de espaço e tempo. O modelo suscitado por Kant diz respeito a uma fundamentação, tanto do espaço, quanto do tempo, como *formas puras da sensibilidade a priori*, e isso significa que são condições de possibilidade da percepção dos fenômenos. Essa perspectiva adota um modelo mais racional, no tocante a concepção do espaço e do tempo, mas ainda considera-os como absolutos, unificando características tanto de Leibniz quanto de Newton, e, como visto, evadindo as teorias a partir de uma outra formulação.

O que ocorre na modernidade, especialmente no que tange à ciência da física, é uma consideração do princípio newtoniano de espaço e tempo. Não só por sua utilidade, mas pela característica que possibilita uma formulação da teoria gravitacional do autor, e ainda assim permite desenvolvimentos de outra monta, como o da eletricidade e do magnetismo. O modelo gravitacional newtoniano se desenvolve inserido no seu conceito espacial e temporal, e a física não precisa tomar Kant como corretor teórico, já que para a finalidade almejada, a teoria newtoniana dava conta.

Isso não significa que Kant não tenha ido além em relação as teorias precedentes. O filósofo desenvolve um sistema capaz de explicar o conhecimento do mundo, desde afecções sensíveis até formulações conceituais, passando tanto por uma ontologia, quanto por uma epistemologia, além, em trabalhos posteriores, de uma concepção ética e política, e mais além, de filosofia da educação.

Com o passar do tempo e o desenvolvimento da física a partir da unificação da eletricidade e do magnetismo com Maxwell, gerando o eletromagnetismo, surgem pontos não muito claros quanto a formulação mecânica elaborada por Newton. Essas brechas são exploradas por diversos físicos, mas Einstein se destaca na elucidação teórica e formulação da sua TRR, que soluciona problemas acerca da natureza da luz, e gera problemas para a concepção clássica da física. E desenrolar desta teoria explica como se comporta a luz, especialmente a partir da noção da invariação da sua velocidade independente do referencial, que gera uma relatividade espaço-temporal física, além, é claro, da equivalência entre massa e energia, que tem consequências interessantes na exposição espaço-temporal, especialmente quando analisado a partir da TRG.

A TRG é formulada posteriormente, e parte de pressupostos expostos na TRR. Entretanto, a TRG surge no intuito de reformular a teoria da gravitação newtoniana, com uma nova exposição acerca do espaço-tempo. Já era conhecido a partir da TRR que tanto alteração

espacial afeta o tempo, quanto alteração temporal afeta o espaço. Equações que envolvem o movimento no espaço-tempo também são relativas segundo o observador, e isso implica em alterações espaço-temporais conforme o sistema de referência muda.

A nova concepção gravitacional emerge a partir dessa conceituação; alterações espaço temporais parecem físicas, e o sistema de ação a distância, proposto por Newton, não dá conta de explicar algumas coisas que são demandadas pela cosmologia contemporânea. É a partir daí que se sai de uma concepção geométrica euclidiana e se adere a geometrias alternativas, o espaço-tempo deve ser curvo a partir da ação de alguma massa, e isso pode ser empiricamente verificável. Não obstante, o é, e assim se prova que o espaço-tempo é, factualmente, curvo quando constatada a presença de uma massa. A ação gravitacional não é por uma ação simultânea e a distância, a própria simultaneidade tem sua conceituação alterada, e a influência material para com o espaço constitui uma nova maneira de percebermos o espaço-tempo.

A partir dessas noções é que se pode contrastar com Kant, e a verificação suscita termos que impedem a teoria kantiana de sustentar suas bases, especialmente por conta do espaço-tempo apresentar condições fisicamente testáveis e, dessa forma, não permitir que esse espaço-tempo seja uma *forma pura da sensibilidade*. Todas essas concepções são detalhadas a fim de expor de maneira clara e concisa a argumentação do terceiro capítulo, e um resumo conclusivo é incapaz de explicitar, como os capítulos o fazem, as teorias em sua completude.

O trabalho proposto tem um potencial de estudo ainda elevado. Essa exposição e contraposto teóricos podem servir de pilares para estudos mais elaborados, especialmente no tocante a uma filosofia da ciência. Um exemplo disso, e que pode ser objeto de análise futura, é a relação entre essas teorias, ou os fundamentos teóricos enquanto conhecimento, como constituintes de uma *teia de significados* quineana, que pode se modificar conforme se modifica o conhecimento.

Quine aporta uma noção de que os juízos mais analíticos pertenceriam ao centro de uma teia do significado, enquanto os mais sintéticos ficam à borda.

A totalidade de nossos assim chamados conhecimento e crenças mais casuais questões de Geografia e História até mesmo as mais profundas leis da Física atômica ou mesmo da Matemática pura e da Lógica, é um tecido feito pelo homem, que encontra a experiência apenas nas extremidades. Ou, mudando a imagem, a totalidade da ciência é como um campo de força, cujas condições limítrofes são a experiência. (QUINE, 2011, p. 66–67)

Esses conhecimentos sintéticos são gerados o tempo todo, e em função disso, alguns conhecimentos analíticos, bem fundamentados e historicamente considerados, podem ser alterados. É o que ocorre quando, saindo de uma concepção apriorística de Kant, se insere em

uma noção física em Einstein, em que um conhecimento<sup>62</sup> é substituído por outro, em determinados aspectos.

É possível, portanto, dar sequência aos estudos a partir do que se formula neste texto, de forma que o contraposto teórico entre Kant e Einstein pode ser uma pequena parte de uma teoria muito maior acerca do conhecimento. Fica esse estudo para uma análise futura, mediante a concepção já elaborada como fundamento teórico no texto que se seguiu.

## Referências

BARBATTI, M. Conceitos físicos e metafísicos no jovem Newton: uma leitura do *De Gravitatione*. Rio de Janeiro: **Sociedade Brasileira de História da Ciência**, n. 17, 1997, p. 59–70.

BERNSTEIN, J. **As ideias de Einstein**. Tradução de Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Motta. São Paulo: Cultrix, 190p. 1975.

BETTENCOURT, T. E. **Tempo e espaço em Kant**: as representações do tempo e do espaço dentro do contexto do sistema crítico de Kant. 2008. 115p. Dissertação (Mestrado em Filosofia). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2008.

CAYGILL, H. **Dicionário Kant**. Tradução de Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2000.

CHANDRASEKHAR, S. Development of general relativity. **Nature**, vol. 252, Nov. 1974, p. 15 – 17.

DAMASIO, F.; RICCI, T. F. Relatividade de Einstein em uma abordagem histórico-fenomenológica. Porto Alegre: **Textos de apoio ao professor de física**, v. 20, n. 2, 2009.

---

<sup>62</sup> Mesmo que sintético e, portanto, pertencente não ao centro da teia, mas a borda. Conhecimentos se alteram o tempo todo, durante toda a história. A substituição de significados nessa teia de significados não é novidade, e pode ser ainda mais contundente quando explorado outros campos da física, como a física de partículas, em contraste com princípios clássicos da lógica.

EINSTEIN, A. **A teoria da relatividade especial e geral**. Tradução de Carlos Almeida Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto, 8. ed., 132 p., 2012

EINSTEIN, A; INFELD, L. **A evolução da Física**. Tadução de Giasone Rebuá. Rio de Janeiro: Zahar, 244 p., 2008.

FORREST, P. **The identity of indiscernibles**. London: The Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2016. Disponível em: < <https://plato.stanford.edu/entries/identity-indiscernible/>> Acesso em: 17/06/2017

HANNA, R. Kant and nonconceptual content. Oxford: **European Journal of Philosophy**, v. 13, 2005, p. 247–290.

HEISENBERG, W. **Física y filosofía**. Buenos Aires: La Isla, 177 p., 1959.

HESÍODO. **Teogonia**: a origem dos deuses. Tradução de Jaa Torrano. São Paulo: Iluminuras, 3. Ed. 1995.

JANIAK, A. **Kant's Views on Space and Time**. London: The Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2012. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/archives/win2012/entries/kant-spacetime/>>. Acesso em: 30/06/2016.

KANT, I. **Crítica da razão pura**. Tradução: Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 7. ed., 2010, p. 61–87.

LEVIN, J. **A música do universo**: ondas gravitacionais e a maior descoberta dos últimos cem anos. Tradução de Paulo Geiger. São Paulo: Companhia das Letras, 257 p., 2016.

MCDONOUGH, J. K. **Leibniz's philosophy of physics**. London: The Stanford Encyclopedia of Philosophy, 64 p., 2014. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/entries/leibniz-physics/>>. Acesso em: 27/07/2016.

NEWTON, Sir I. **Princípios matemáticos da filosofia natural**. São Paulo: Abril Cultural, 2. Ed., 1983. (Col. Os Pensadores).

PHIPPS, D. W. Kant's aesthetic. Philadelphia: **Penn State University Press**, v. 11, n. 3, 1877, p. 299–310.

PASCAL, G. **Compreender Kant**. Tradução: Raimundo Vier. Petrópolis: Vozes, 2011. p. 49–61.

QUINE, W. V. **De um ponto de vista lógico**. São Paulo: Editora Unesp, 2011, p. 37-71. [Dois Dogmas do empirismo]

RAY, C. **Tempo, espaço e filosofia**. Tradução: Thelma Médice Nóbrega. Campinas: Papirus, 1993.

RUSSELL, B. **ABC da relatividade**. Tradução: Giasone Rebuá. Rio de Janeiro: Zahar, 5. ed. 1981.

RYNASIEWICZ, R. **Newton's view on space, time, and motion**. London: The Stanford Encyclopedia of Philosophy, 46 p., 2014. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/entries/newton-stm/>>. Acesso em: 23/07/2016.

SAPUNARU, R. A. **O conceito leibniziano de espaço: distâncias metafísicas e proximidades físicas do conceito newtoniano**. 2010. 219p. Tese (Doutorado em Filosofia). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2010.

TOKIEN, J. R. R. **Árvore e Folha**. São Paulo: Martins Fontes, 106 p., 2013.

WEINERT, F. Einstein and Kant. **Philosophy**, vol. 80, n. 314, 2005, p. 585–593.