



PERSPECTIVAS
REVISTA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

VOL. 8, Nº 1, 2023, P. 72-104
ISSN: 2448-2390

Domínios cognitivos e domínios ideológicos na teoria da relatividade especial e suas implicações epistemológicas

Cognitive Domains and Ideological Domains in The Theory of Special Relativity and its Epistemological Implications

DOI: 10.20873/rpv8n1-61

Clair de Luma Capiberibe Nunes¹

Orcid: 0000-0002-6536-3131
Email: ricardo.capiberibe@ufms.br

Wellington Pereira de Queirós

Orcid: 0000-0002-9734-7136
Email: wellington_fis@yahoo.com.br

Resumo

No primeiro caderno do cárcere, Gramsci sugeriu que o conhecimento científico poderia ser decomposto em dois domínios: um cognitivo e um ideológico; e por essa razão, não era necessário opor a ciência burguesa, uma ciência do proletariado, pois estes poderiam se apropriar do conteúdo cognitivo das ciências burguesas, sem se comprometer com o conteúdo ideológico. Nesse ensaio, propomos elevar a proposta de Gramsci de que todo saber é o produto de uma relação dialética e dialógica entre domínios cognitivo e um ideológico a categoria de dispositivo de análise epistemológica que permite caracterizar e analisar teorias científicas. Utilizamos esse dispositivo de análise epistemológica para estudar a Teoria da Relatividade Especial e propor soluções para algumas divergências meta-científicas as-sociadas a ela. Portanto, esse ensaio pretende ser uma contribuição para a epistemologia, com possibilidades de aplicações à axiologia das ciências, bem como uma alternativa as abordagens positivistas-cientificistas e relativistas.

Palavras-chave

Epistemologia da Ciência; Teoria da Ciência; Teoria da Relatividade Especial; Análise Epistemológica.

Abstract

¹ Nome civil: Ricardo Capiberibe Nunes, a autora é travesti.

In the first prison notebook, Gramsci suggested that scientific knowledge could be broken down into two domains: one cognitive and one ideological; and for that reason, it was not necessary to oppose bourgeois science, a science of the proletariat, as they could appropriate the cognitive content of the bourgeois sciences, without committing themselves to the ideological content. In this essay, we propose to elevate Gramsci's proposal that all knowledge is the product of a dialectical and dialogical relationship between cognitive and ideological domains, the category of epistemological analysis device that allows characterizing and analyzing scientific theories. We use this epistemological analysis device to study the Special Theory of Relativity and propose solutions for some meta-scientific divergences associated with it. Therefore, this essay intends to be a contribution to epistemology, with possibilities of applications to the axiology of science, as well as an alternative to positivist-scientist and relativist approaches.

Keywords

Epistemology of Science; Theory of Science; Special Theory of Relativity; Epistemological Analysis.

Introdução

Esse ensaio pretende ser uma contribuição para a epistemologia, mas que pode também ser útil a axiologia das ciências, pois focaliza na relação dialética e dialógica entre valores cognitivos e os valores gerais (epistemológicos, ideológicos, utópicos e congêneres) fornecendo uma abordagem alternativa às perspectivas positivistas (cientificistas) e relativistas. A sua motivação é responder a uma provocação proposta pelo filósofo da ciência H. Japiassu, ao ponderar sobre a crise da Razão Científica:

Todo o problema consiste em descobrirmos um princípio de relatividade capaz de dissolver os absolutos, mas que nos garanta um invariante capaz de impedir-nos de cair no ecletismo ou no ceticismo. Em outras palavras, precisamos renunciar a absolutizar nossa ideia de Razão, herdada das Luzes, para salvar a possibilidade mesma de uma ciência universal. E a primeira condição é que a racionalidade científica se torne crítica e faça sua autocrítica a fim de ultrapassar os aspectos formalistas, instrumentais e calculadores nos quais parece ter-se fechado. Isto vai exigir que renuncie ao cientificismo e ao reducionismo, que tanto a marcaram, que relativize os valores científicos e técnicos, para que possa instaurar um diálogo com as demais formas de saber e os diversos valores da cultura. Não se esquecendo de confrontar-se com os saberes exóticos ou esotéricos, com as formas de pensamento mais contemplativas, místicas ou estéticas, privilegiando mais as qualidades que a quantidade, as sínteses que as análises, a união que a separação, as imagens que os conceitos. (JAPIASSU, 1996, p. 10).

Para achar esse “princípio da relatividade” e seu “invariante”, inspiramo-nos no historicismo de Gramsci (1999, p. 175) que assevera que “a ciência jamais se apresenta como nua noção objetiva; ela aparece sempre revestida por uma ideologia e, concretamente, a ciência é a união do fato objetivo com uma hipótese, ou um sistema de hipóteses, que superam o mero fato objetivo”, e pela epistemologia engajada de Lacey (2008, 2010), estabelecemos o conceito de que um Saber e uma Teoria são o resultado de uma relação dialética entre dois domínios: um cognitivo e um ideológico (termo que tomamos de empréstimo de Löwy²). Assim, no decorrer desse ensaio nos esforçaremos em mostrar que enquanto os atores sociais e as culturas podem diferir no que diz respeito ao *Domínio Ideológico*, eles podem se apropriar de qualquer *Domínio Cognitivo*, isto é, podemos

(...) distinguir entre a noção objetiva e o sistema de hipóteses, através de um processo de abstração que está inserido na própria metodologia científica, de maneira que é possível apropriar-se de uma e recusar o outro. Esta é a razão pela qual um grupo social pode apropriar-se da ciência de um outro grupo, sem aceitar a sua ideologia. (GRAMSCI, 1999, p. 175)

Portanto, asseveramos que o *Domínio Cognitivo* opera como o invariante requerido por Japiassu (1996). Assim, a primeira parte deste artigo (seção I) se dedica a apresentar os conceitos de *Domínio Cognitivo* e *Ideológico*. Na segunda parte deste artigo (seções II à V) aplicamos essas categorias para estudar tópicos históricos e epistemológicos da Teoria da Relatividade Especial. Por fim, nas *Considerações Finais* apresentamos algumas questões a serem refletidas e possibilidades de desdobramento desse ensaio.

I. Domínio cognitivo e domínio ideológico

Nesta seção desenvolveremos os conceitos de *Domínio Cognitivo* e *Domínio Ideológico* e os elevaremos a categoria de *Dispositivo de Análise Epistemológica*. Como nosso objeto de

² “Ao mesmo tempo, Gramsci procura, de uma maneira às vezes confusa, tratar do problema da autonomia da ciência, sugerindo que a atividade científica contém ao mesmo tempo uma dimensão ideológica e uma dimensão cognitiva, razão pela qual um grupo social pode se apropriar da ciência elaborada por um outro grupo social sem aceitar sua ideologia” (LÖWY, 2000, p. 135). Infelizmente Löwy e, até onde pudemos verificar na literatura, ninguém desenvolveu essa relação dialética entre duas Dimensões, que doravante designaremos por Domínio.

estudo é o *Conhecimento*, inicialmente precisamos conceituar o que entendemos por Saber e, particularmente Saber Científico. Das definições de *Saber* possíveis dentro da epistemologia, adotaremos aquela proposta por Japiassu (1992, p. 7-8):

(...) o termo saber possui um sentido bem mais amplo que o termo ciência. Designa todo um conjunto complexo de "conhecimentos" metodicamente adquiridos, mais ou menos sistematicamente organizados e susceptíveis de uma comunicação por um processo pedagógico qualquer de ensino. Tanto pode aplicar-se à aprendizagem de ordem prática (saber fazer, saber técnico) quanto às determinações de ordem propriamente teórica. Em outras palavras, designa uma série de aquisições intelectuais ao mesmo tempo técnicas (práticas) e teóricas que se transmitem no interior de uma cultura, conferindo a seus portadores certa "sabedoria", vale dizer, um modelo de existência vinculando a determinada visão de mundo. Não se trata apenas de um "saber-fazer", embora possua algo de sua eficácia. Tampouco se confunde com uma ciência, pois quase sempre é desprovido de controles intersubjetivos.

Essa definição de saber coincide com a definição de ciência dos filósofos naturais e, com advento da revolução científica, foi substituído por um sentido mais preciso e restrito:

(...) modalidade de saber constituída por um conjunto de aquisições intelectuais que tem por finalidade propor uma explicação racional e objetiva da realidade. Mais precisamente ainda: é a forma de conhecimento que não somente pretende apropriar-se do real para explicá-lo de modo racional e objetivo, mas procura estabelecer entre os fenômenos observados relações universais e necessárias, o que autoriza a previsão de resultados (efeitos) cujas causas podem ser detectadas mediante procedimentos de controle experimental. (JAPIASSU, MARCONDES, 2006, p. 44)

Desta forma, o Saber Científico é uma forma particular de Saber. Doravante, chamaremos os saberes que não são científicos de Saberes da Tradição. Outro conceito basilar, associado aos saberes científicos, são as Teorias, que definiremos da seguinte forma:

Modelo explicativo de um fenômeno ou conjunto de fenômenos que pretende estabelecer a verdade sobre esses fenômenos, determinar sua natureza. Conjunto de hipóteses sistematicamente organizadas que pretende, através de sua verificação, confirmação, ou correção, explicar uma realidade determinada (JAPIASSU, MARCONDES, 2006, p. 44).

É importante enfatizar que nos Saberes da Tradição, a Cultura tem um papel semelhante ao das teorias, pois ela também classifica, organiza, faz previsões e atribui sentido aos fenômenos naturais e sociais (LARAIA, 1986, GOMES, 2017). Por isso, para evitar ambiguidades,

diremos que uma teoria é científica se ela manifestar valores cognitivos em alto grau, a saber (LACEY, 2008, p. 84-86)³:

1. *Adequação Empírica;*
2. *Consistência;*
3. *Simplicidade;*
4. *Fecundidade (Fertilidade);*
5. *Poder Explicativo;*
6. *Verdade (Certeza).*

Quanto à definição de ciência, adotaremos a proposta por Lacey (2010, p. 17), que a entende como um empreendimento racional e sistemático que visa cumprir quatro objetivos:

- i) Obter teorias que expressem entendimento empiricamente fundamentado e bem confirmado a respeito dos fenômenos.
- ii) Tendo em vista suas aplicações práticas (quando apropriado).
- iii) De modo que as teorias obtidas sejam aceitas para domínios de fenômenos cada vez maiores.
- iv) E que nenhum fenômeno significativo na experiência humana ou na prática da vida social fique, em princípio, fora do alcance das investigações científicas.

Feitas estas distinções, definiremos os conceitos de *Domínio Cognitivo* e *Domínio Ideológico*. Nesse ensaio, aplicaremos esse conceito às ciências, porém futuramente pretendemos estender essas ideias para englobar o Saber em sua forma mais geral.

Por *Domínio Cognitivo*, compreendemos o núcleo de um saber ou uma teoria, uma coleção de princípios sistemáticos que podem ser traduzidos em uma linguagem adequada e que podemos extrair por *modus ponens* implicações e prescrições empíricas sobre condições

³ Para uma descrição pormenorizada, ver Lacey (2008, p. 84-86).

determinadas. O *Domínio Cognitivo* pode ser submetido a verificação negativa (*falsificacionismo popperiano*) e, por essa razão, é justamente aquilo que Lakatos (1979) chamou de *Núcleo Duro dos Programas de Pesquisa*.

Já o *Domínio Ideológico* compõe uma estrutura complementar ao *Domínio Cognitivo*, mas diferente do *Cinturão lakatosiano*, o *Domínio Ideológico* engloba não apenas decisões metodológicas racionais, mas também os quadros de referenciais epistemológicos, hipóteses analíticas e esquemas conceituais (cf. QUINE, 1992, 2010, 2011), concepções ideológicas tanto no sentido *lato*, como um conjunto de ideias e juízos do pesquisador, bem como no seu sentido *stricto negativo*, falsos juízos e preconceitos. O *Domínio Ideológico* fornece o sentido e a interpretação das teorias e modelos. O *Domínio Ideológico* é uma consequência lógica da segunda tese da subdeterminação (cf. KRAUSE, ARENHART, 2013) que afirma que um “(...) dado um número finito de observações empíricas, existe um número infinito de teorias correspondentes a elas.” (FOUREZ, 1995, p. 65, cf. QUINE, 1992, 2010, 2011; QUINE, ULLIAN, 1978; KRAUSE, ARENHART, 2013; SCHÜLER, SEVERO, 2020). Em outras palavras, dado um *Domínio Cognitivo*, podemos construir infinitos *Domínios Ideológicos*. Uma ilustração radical deste fato, é dado por Fourez (1995, p. 65):

Este “teorema” segundo o qual é possível ter um número infinito de teorias [e.q. Domínios Ideológicos] para um número finito de proposições empíricas [e.q. Domínio Cognitivo] é importante porque relativiza as nossas representações científicas. Ele indica que não se pode dizer jamais que os resultados empíricos nos “obrigam” a ver o mundo de tal ou tal maneira. Ele seria compatível, por exemplo, com os dados empíricos dos quais se pretende tirar teorias científicas, defender uma teoria pretendendo que são anjos que fazem funcionar a integralidade do mundo; no nível lógico, essa teoria poderia muito bem funcionar. Sem dúvida, semelhantes teorias não são nada práticas se se quiser realizar um certo número de projetos, mas se considerarmos que a ciência se destina simplesmente a dar conta de um número finito de observações científicas, todas essas teorias serão equivalentes.

Outra diferença entre o *Domínio Ideológico* e o *Cinturão lakatosiano*, é que este tem a função exclusiva de proteger o *Núcleo* por meio de um amortecimento e construção de hipóteses racionais, não *ad hoc*, em outras palavras, pelo uso da versão fraca da Tese de Duhem-Quine, enquanto aquele (*Domínio Ideológico*) realiza todas as operações do *Cinturão*, como também atribui um sentido aos dados fabricados pelo *Domínio Cognitivo*, permite que o cientista

transforme e interfira na natureza e na realidade, convertendo Ciência e Técnica em Ideologia, como apontado por Marcuse (2015) e Habermas (2014). Também é responsável pelo salto lógico que transforma *Premissas Particulares* do *Domínio Cognitivo* em asserções *Universais*, bem como é a faculdade que permite que as teorias científicas julguem e dialoguem com questões que excedem o *Domínio Cognitivo*, isto é, é o *Domínio Ideológico* também incorpora as implicações éticas das pesquisas científicas.

No atual desenvolvimento da Ciência Moderna, podemos dizer que o *Domínio Cognitivo* corresponde a Ciência e ao Conhecimento, e o *Domínio Ideológico*, parcialmente a *Técnica* e ao *Interesse*, ambos no sentido atribuído por Habermas (2014). Também, poderíamos identificar o *Domínio Cognitivo* com a *Sintaxe ou Linguagem do Objeto (L_o)* e o *Domínio Ideológico* com a *Semântica ou Metalinguagem do Objeto*, pois, como assevera Popper (1975, p. 298)

A linguagem objeto (L_o) pode conter sua própria sintaxe e, mais especialmente, nomes descritivos de todas as suas próprias expressões. Mas L_o não pode, sem risco de antinomia, conter especificadamente termos semânticos como "denotação", "satisfação" ou "verdade". Isto é, noções que relacionam os "nomes das expressões" de L_o com os "fatos" ou "objetos" a que essas expressões se referem.

Ou, como Whitehead e Russell (1980), podemos dizer que o *Domínio Ideológico* é um *Meta-Domínio* em relação ao *Domínio Cognitivo*. Por outro lado, estes domínios não devem ser identificados com os elementos internos e externos de uma Teoria Científica. O *Domínio Cognitivo* não pode ser reduzido ao *Internalismo*, da mesma forma que o *Domínio Ideológico* não se reduz ao *Externalismo*. Em síntese, não devemos confundir o *Domínio Cognitivo* com *Ego Transcendental* de Kant (2015), aquela máquina mental "por construção necessária, totalmente desencarnado, não somaticamente, mas psiquicamente." (CASTORÍADIS, 1997, p. 128). Como Castoriadis (1997, p. 128) defendemos que

O conhecimento efetivo de sujeitos efetivos, não um fantasma transcendental nem uma idealidade inacessível (...) Esses sujeitos efetivos são sempre sujeitos sócio-históricos. Sua socialidade e sua historicidade não são escórias, acidentes ou obstáculos, mas condições positivas essenciais de seu acesso ao conhecimento. E isto, pelo fato de não haver pensamento sem linguagem, e que esta só existe como instituição sócio-histórica.

Desta forma, a construção de ambos domínios envolve uma relação dialógica e dialética entre lógica interna e o contexto sócio-histórico. Particularmente, defendemos que a construção destes dois domínios segue as regras expostas por Fleck (1986). Dito de outra forma, estes domínios também são estruturas do *Estilo de Pensamento*.

O fato de identificarmos que uma Teoria seja constituída por duas estruturas, *Domínio Cognitivo* e o *Domínio Ideológico*, não implica que estas estruturas possam ser tomadas como fragmentos autônomos e independentes. Elas existem em uma relação dialógica, portanto enquanto Teoria. Essa relação dialógica e as suas implicações são justamente aquelas descritas por Wittgenstein (2001, p. 135 & 137):

2 O que é o caso, o fato, é a existência de estados de coisas. 2.01 O estado de coisas é uma ligação de objetos (coisas). 2.011 É essencial para a coisa poder ser parte constituinte de um estado de coisas. 2.012 Na lógica, nada é casual: se a coisa pode aparecer no estado de coisas, a possibilidade do estado de coisas já deve estar prejudgada na coisa. 2.0121 Pareceria como que um acaso se à coisa, que pudesse existir só, por si própria, se ajustasse depois uma situação. Se as coisas podem aparecer em estados de coisas, isso já deve estar nelas. (O que é lógico não pode ser meramente-possível. A lógica trata de cada possibilidade e todas as possibilidades são fatos seus.) Assim como não podemos de modo algum pensar em objetos espaciais fora do espaço, em objetos temporais fora do tempo, também não podemos pensar em nenhum objeto fora da possibilidade de sua ligação com outros. Se posso pensar no objeto na liga do estado de coisas, não posso pensar nele fora da possibilidade dessa liga.

Em concordância com Wittgenstein (2001), Fleck (1986), Quine (1992, 2010, 2011), Lacey (2008, 2010) e Habermas (2012, 2014), defendemos que a constituição destes dois domínios é feita simultaneamente e de forma intersubjetiva. Assim, nenhum pesquisador estrutura um *Domínio Cognitivo* e depois um *Domínio Ideológico*. Uma Teoria não é estruturada como a mera soma de suas partes. Toda teoria é estruturada como uma totalidade. Só a análise epistemológica posterior pode identificar e separar esses dois domínios e identificar aquilo que é *Conehecimento* e aquilo que é *Interesse*. Portanto, rejeitamos todo e qualquer postulado de neutralidade axiológica e autonomia absoluta no campo científico. Como Lacey (2008, 2010) consideramos, pelas mesmas razões, que a Imparcialidade é factível, uma vez que os *Domínios Cognitivos* podem ser contrapostos e avaliados.

Por fim, convém nos determos em uma questão: o *Domínio Ideológico* pode invalidar uma Teoria? A fim de responder essa questão, recorreremos a *erística* de Schopenhauer (2020). Interessa-nos, mais precisamente, o estratagema 33, enunciado por Schopenhauer (2020, p. 103) da seguinte forma:

Invalide a teoria pela prática. “O QUE PODE ESTAR certo na teoria na prática está errado.” Por meio desse sofisma aceitam-se as premissas mas nega-se a conclusão: em contradição com a regra *a ratione ad rationatum valet consequentia* [do motivo à consequência, vigora a consequência]. Essa armadilha baseia-se em uma impossibilidade: o que em teoria está certo deve valer também na prática; se não valer, então existe um erro na teoria, alguma coisa não foi percebida e não foi levada em consideração, portanto isso está errado também na teoria.

Se aceitarmos que uma *Teoria* é a relação dialógica e dialética entre domínios cognitivo e ideológico, devemos reinterpretar o estratagema 33 de Schopenhauer (2020). Quando dizemos que uma *Teoria* está certa, mas não funciona na *Prática*, estamos dizendo que: o *Domínio Cognitivo* está em concordância com a evidência empírica disponível, porém o *Domínio Ideológico* leva a contradições com o *Bom Senso (Prática)*. Em outras palavras, a ambivalência intrínseca do *Domínio Ideológico* é responsável pela produção dos pseudo-paradoxos semânticos, apontados por Whitehead e Russell (1980), e os abusos de explicação denunciados por Duhem (2014). Assim, podemos concordar com Schopenhauer que afirma que essa “contradição” não compromete a “teoria”, *i. e.*, o *Domínio Cognitivo*. Em outras palavras, o *Domínio Ideológico* não compromete a asserção de conhecimento de uma *Teoria*, isto é, seu *Domínio Cognitivo*⁴. O *Domínio Ideológico* pode ser sempre modificado sem que isso comprometa o *Domínio Cognitivo*. Do ponto de vista epistemológico, essa conclusão é capital, pois muitas críticas dirigidas a uma *Teoria* são críticas dirigidas ao *Domínio Ideológico*, portanto não são suficientes para que rejeitemos a *Teoria* e o conhecimento por ela produzido. De maneira geral, podemos demonstrar que dado uma *Interpretação Particular de uma Teoria* φ orientada por ideologias ϕ temos o seguinte bicondicional:

⁴ Essa conclusão também é partilhada por Lacey (2008, 2010).

$$\text{Interpretação Particular} \leftrightarrow DC(\varphi) \wedge DI(\phi)$$

Se negamos essa interpretação, então teremos a seguinte estrutura lógica:

$$\neg \text{Interpretação Particular} \leftrightarrow \neg [DC(\varphi) \wedge DI(\phi)]$$

Pela lei de De Morgan (DM) (c.f. NOLT, ROHATYN, 1991, p. 144).

$$\neg \text{Interpretação Particular} \leftrightarrow \neg DC(\varphi) \vee \neg DI(\phi)$$

Portanto, devemos negar ou o *Domínio Ideológico* ou o *Domínio Cognitivo*. A escolha deve-se fundamentar em qual aspecto da Teoria está sendo contestado: se estamos contestando os princípios do *Domínio Cognitivo* ou a adequação empírica, então devemos assumir: $\neg DC(\varphi)$. Por outro lado, se estamos contestando princípios complementares ou aspectos qualitativos, então devemos assumir: $\neg DI(\phi)$. Donde, só a negação de $DC(\varphi)$ exige a rejeição da *Teoria* φ .

Após essas considerações sobre os *Domínios*, podemos elevá-los a categoria de *Dispositivo de Análise Epistemológica*. A sua aplicação consiste em identificar em uma Teoria, o seu conteúdo formal, prescritivo e sintático (*Domínio Cognitivo*) e o conteúdo semântico, normativo e explicativo da teoria (*Domínio Ideológico*), estabelecendo a relação dialética e dialógica entre esses domínios, por meio de uma análise histórico-crítica, e vendo como cada um destes domínios da teoria interage com seu entorno. Para ilustrar os usos desse dispositivo realizaremos uma caracterização da Teoria da Relatividade Especial e que pode ser estendida para outras teorias científicas.

II. Domínios cognitivos e ideológicos na teoria da relatividade especial

Na seção anterior, mostramos como o conceito de *Domínios* permite estruturar e estabelecer categorias analíticas para o estudo de teorias científicas. Nesta seção e nas próximas, usaremos o conceito de *Domínios* para estudar a Teoria da Relatividade Especial.

Inicialmente, precisamos identificar aquilo que compõe o *Domínio Cognitivo* da Teoria da Relatividade Especial. A caracterização mais precisa parece ser aquela proposta pelo próprio Einstein (2002, [1921], p. 127) (princípios 1-5) com a adesão do *Princípio da Inércia*⁵:

1. O Princípio da Relatividade
2. O Princípio da Constância da Velocidade da Luz
3. Homogeneidade do Espaço e do Tempo
4. Isotropia do Espaço e do Tempo
5. Princípio da Amnésia
6. Princípio da Inércia

Estes seis princípios constituem o *Domínio Cognitivo* da Teoria da Relatividade Especial. Do ponto de vista matemático, podemos sintetizar esses seis princípios na seguinte expressão:

“A Teoria da Relatividade Especial é a álgebra de Lie so $(1,3)$ ⁶ não isomorfa à álgebra de Lie $pcl(C)$ ”⁷.

Ao redor desse *Domínio Cognitivo*, podemos construir diferentes *Domínios Ideológicos*. No caso da Teoria da Relatividade Especial, historicamente, duas interpretações apareceram: a primeira, devida a Poincaré⁸, adota uma epistemologia instrumentalista⁹ (MARTINS, 2015)¹⁰.

⁵ Foi o físico russo V. Fock (1959) que mostrou que é preciso incluir o Princípio da Inércia, pois existem transformações (denominadas de Transformações de Möbius) que satisfazem esses cinco princípios, mas permitiriam referenciais inerciais onde a luz não se propaga em linha reta.

⁶ Princípios 1-5.

⁷ Princípio 6.

⁸ Alguns autores tendem a identificar Poincaré como Realista. Como realismo se interpõe ao instrumentalismo (MASSIMI, 2019), a afirmação que fizemos estaria contradita. Porém, convém observar que o realismo de Poincaré é um assunto complexo e não pode ser simplesmente reduzido às concepções epistemológicas clássicas. Para detalhes, ver Brading & Crull (2017).

⁹ “Concepção segundo a qual as teorias científicas são apenas um instrumental para o tratamento do fenômeno e não uma tentativa de se chegar ao conhecimento da realidade em si mesma, devendo portanto ser consideradas do ponto de vista de seus resultados e não de sua verdade ou falsidade. Opõe-se ao realismo e relaciona-se com o pragmatismo e o convencionalismo.” (JAPIASSU, MARCONDES, 2006, p. 148). *C.f.* Dutra (2017).

¹⁰ “Para Lorentz e Poincaré, o éter era aceito com um *conceito útil*, capaz de propiciar uma *compreensão* dos fenômenos, embora fosse impossível detectá-lo. A luz se comporta como uma onda e uma onda deve ser pensada como um fenômeno que ocorre em alguma substância. Trata-se de uma postura epistemológica que pode ser descrita como instrumentalista” (MARTINS, 2015, p. 255). Sobre essa passagem, devemos enfatizar que para Lorentz o éter era uma entidade física real. Por outro lado, Poincaré, realmente assume uma posição instrumentalista. Em *A Ciência e a Hipótese*, Poincaré (1902, p. 199) se pergunta: “e o nosso éter, realmente existe?”. E, mais adiante, no capítulo XII, Poincaré (1902, p. 245-246) retoma essa pergunta e alega que: “Pouco nos importa se que o éter realmente existe, é um problema para os metafísicos; o essencial para nós é que tudo se passa como se ele existisse e que essa hipótese seja cômoda para a explicação dos fenômenos. Afinal, temos alguma outra razão para crer na

A segunda, devida a Einstein, adota uma perspectiva positivista-operacionalista¹¹ (MARTINS, 2015)¹². Utilizando a notação de predicados, podemos escrever as seguintes relações¹³:

$$DC(TRE) \wedge DI(P/O) \leftrightarrow \text{Interpretação de Einstein}$$

$$DC(TRE) \wedge DI(I) \leftrightarrow \text{Interpretação de Lorentz-Poincaré}$$

O *Domínio Ideológico* de cada uma dessas interpretações fornece uma conceituação e uma descrição dos fenômenos produzidos pelo *Domínio Cognitivo*. Martins (2015, p. 247-263) fornece uma descrição sumarizada das diferenças entre as duas interpretações para vários *fenômenos*. A título de ilustração, vejamos, a partir de uma citação longa, mas necessária, de Martins (2015, p. 252), como as duas abordagens interpretam a contração do espaço:

O mesmo tipo de diferença entre a realidade e a aparência está presente quando comparamos outros aspectos da abordagem de Einstein com a de Lorentz e Poincaré. A contração dos corpos em movimento (contração de Lorentz e Fitzgerald) seria, na teoria do éter, um efeito real. Quando um corpo material se move através do éter, as forças moleculares se alteram por causa desse movimento e o objeto muda de tamanho e forma. Assim, se tivermos dois objetos idênticos, um parado em relação ao éter e outro em movimento em relação ao éter, aquele que está em movimento vai realmente se contrair e o outro vai continuar do mesmo tamanho. No entanto, se um observador estiver se movendo em relação ao éter, junto com o objeto, ele observará o contrário: o corpo em movimento parecerá ter o tamanho "normal" e o objeto parado em relação ao éter parecerá estar contraído. Nesse caso, a contração do objeto parado em relação ao éter é aparente, apenas; mas o observador em movimento não terá nenhum modo de descobrir se a contração é real ou aparente. No caso da abordagem de Einstein, como não existe o éter, não há diferença entre contração real e aparente. A contração é um fenômeno relativo, que depende apenas dos processos de medida adotados. Ela não é explicada microscopicamente pelas mudanças das forças entre as partículas da matéria. Em certo sentido, a abordagem de Einstein não explica a causa física da contração, apenas deduz que ela existe. Diferenças de interpretação como essa ocorrem em outros aspectos da teoria.

existência de objetos materiais? Essa também é uma hipótese cômoda; só que nunca deixará de sê-lo, ao passo que um dia virá, sem dúvida, em que éter será rejeitado, por inútil."

¹¹ "Em filosofia da ciência, teoria que considera as entidades físicas e suas propriedades, bem como os processos físicos, como definíveis a partir das operações e experimentos através dos quais são apreendidos. Segundo essa teoria, o significado dos conceitos científicos deve ser estabelecido rigorosamente de acordo com a prática científica." (JAPIASSU, MARCONDES, 2006, p. 207) *Cf.* Hempel (1974) e Martins (1986).

¹² "(...) em 1905, Einstein considerava o éter como um *conceito inútil*, porque não pode ser detectado deveria ser excluído da física. Essa é uma postura epistemológica *empirista*, ou *positivista*." (MARTINS, 2015, p. 255).

¹³ Onde *DC* é Domínio Cognitivo; *DI*, Domínio Ideológico. *TRE*, Teoria da Relatividade Especial. *I*, Instrumentalismo; *P/O*, Positivismo/Operacionalismo.

Desta forma, vemos como o *Domínio Ideológico* fornece um sentido ao *Domínio Cognitivo* (estrutura), podendo levar a interpretações qualitativamente divergentes. Esse é um aspecto que ocorre em outras teorias, como por exemplo, nas discussões sobre a natureza do espaço-tempo, que partem do *Domínio Cognitivo* da Teoria da Relatividade Geral¹⁴.

Tendo caracterizado os dois *Domínios* da Relatividade Especial, vamos mostrar como essas categorias podem ajudar a compreender os elementos epistemológicos envolvidos na Teoria da Relatividade Especial e a resolver algumas incongruências desta teoria denunciadas na historiografia.

III. Análise epistemológica da teoria da relatividade especial

Nessa seção, empregaremos os conceitos de *Domínios Cognitivos e Ideológicos* para realizar uma análise epistemológica da Teoria da Relatividade Especial. Para tal, inspirados nos trabalhos de Quine (1992, 2010, 2011), Wittgenstein (2001), Kuhn (2017) e Fleck (1986) introduziremos três conceitos epistêmicos, a saber: *interdição*, *reversão gestáltica* e *incomensurabilidade*.

a. Interdição

Como mostrou Wittgenstein (2001), um conjunto de princípios delimita as perguntas que podem ser feitas, isto é, as questões que são logicamente aceitáveis dentro daquele sistema. Já Quine (1992, 2010, 2011) estabelece que o que há é determinado pela ontologia associada a uma determinada teoria ou língua (*cf.* DUTRA, 2014). No caso particular de uma Teoria Científica, tanto os *Domínios Cognitivo* quanto o *Ideológico* delimitam quais são as questões possíveis de se fazer à Teoria. Chamaremos essa delimitação de *Interdição*, e como há dois domínios, reconheceremos dois tipos de *Interdição*, a partir de Wittgenstein (2001) propomos o conceito

¹⁴ Para uma discussão sobre as interpretações da natureza do espaço-tempo ver: Earman, Glymour, Stachel (1977), Earman & Norton (1987), Earman (1989), Jammer (2010), Sklar (1974, 1985, 2021) e Romero (2015).

de *Interdição Cognitiva*, enquanto a partir de Quine (1992, 2010, 2011), o conceito de *Interdição Ideológica*.

Um exemplo de *Interdição Cognitiva* dentro da Teoria da Relatividade Especial, diz respeito a uma pergunta difundida entre os leigos: *o que aconteceria se um corpo material (brá-dion) alcançasse a velocidade da luz?* Essa pergunta deve ser interditada, pois o Domínio Cognitivo da Teoria declara que nenhum corpo material pode atingir a velocidade da luz. Portanto, essa pergunta é desprovida de sentido. Dentro do *Domínio Cognitivo da Relatividade*, ela é equivalente a pergunta: como seria um triângulo com quatro lados? Por outro lado, observe que, no *Domínio Cognitivo da Mecânica Newtoniana* essa pergunta deixa de ser interditada, pois esta Teoria admite velocidades arbitrárias.

Um exemplo de *Interdição Ideológica* dentro da Teoria da Relatividade Especial, diz respeito à questão do éter. Costuma-se dizer que Einstein ou Experimento de Michelson-Morley provaram a inexistência do éter, porém essa afirmação é equivocada (MARTINS, 1998, 2005, 2015; NUNES, QUEIRÓS, 2020).

Aceitar ou não o éter era uma questão que fugia aos métodos científicos de decisão, pois não podia ser decidida por observações e experimentos. Ou seja: nenhum experimento provou que existia o éter e nenhum experimento provou que ele não existia. Em particular — ao contrário do que se costuma dizer — o experimento de Michelson-Morley não mostrou que o éter não existe (MARTINS, 2015, p. 254-255).

Portanto, a rejeição do éter era um problema de natureza epistemológica¹⁵, concernente ao *Domínio Ideológico* e não *Cognitivo*. Desta forma,

Poincaré e Lorentz aceitavam o princípio da relatividade, mas continuavam a admitir o éter. Henri Poincaré, por exemplo, afirmou: "Pouco nos importa se o éter realmente existe: isso é um assunto para os metafísicos. Para nós, o essencial é que tudo se passa como se ele existisse, e que essa hipótese é cômoda para a explicação dos fenômenos". Para Lorentz e Poincaré, o éter era aceito com um conceito útil, capaz de propiciar uma compreensão dos fenômenos, embora fosse impossível detectá-lo. A luz se comporta como uma onda e uma onda deve ser pensada como um fenômeno que ocorre

¹⁵ "Por fim, é preciso apontar que a principal diferença entre as duas abordagens é de natureza epistemológica, ou seja, filosófica, que se manifestava tanto na questão da realidade dos efeitos relativísticos quanto no aspecto de aceitar ou negar o éter." (MARTINS, 2015, p. 254).

em alguma substância. Trata-se de uma postura epistemológica que pode ser descrita como instrumentalista (MARTINS, 2015, p. 254-255).

Einstein, por outro lado, adotava uma posição mais positivista:

Einstein considerava o éter como um conceito inútil, porque não pode ser detectado. Einstein, em 1905, adotou a posição de que aquilo que não pode ser detectado deveria ser excluído da física. Essa é uma postura epistemológica empirista, ou positivista. Há outros autores da mesma época que adotavam posturas semelhantes. Ernst Mach rejeitou o espaço e o tempo absolutos de Isaac Newton porque não podiam ser observados. O químico Wilhelm Ostwald rejeitou os átomos porque não podiam ser observados. Einstein admirava muito esses autores (e outros empiristas), e até mesmo tentou trabalhar junto a Ostwald (mas não conseguiu). (MARTINS, 2015, p. 254-255).

Portanto, questões como “o éter existe?”, “o que é o éter?” e congêneres só são admitidas dentro do *Domínio Ideológico* adotado por Poincaré e Lorentz, no *Domínio Ideológico* de Einstein, essa questão deve ser interdita, porque, como já havia constatado Poincaré (1895, 1901, 1904), o éter é imponderável e isto o torna um conceito metafísico, portanto se encontra exterior a cientificidade admitida pelo positivismo do *Domínio Ideológico* de Einstein. É por isso que em seu ensaio, Einstein (1905, p. 891) menciona o éter apenas uma vez, da seguinte forma:

A introdução de um "éter luminífero" provará ser supérflua na medida em que a visão aqui a ser desenvolvida não exigirá um "espaço absolutamente estacionário" dotado de propriedades especiais, nem designará um vetor de velocidade a um ponto do espaço vazio no qual processos eletromagnéticos ocorrem.

Ao adotar um *Domínio Ideológico Positivista (Antirrealista)*, Einstein estava preocupado apenas com o aspecto operacional e fenomenológico da Teoria da Relatividade (MARTINS, 2015). Ele nunca se preocupou em fornecer explicações para os fenômenos, retomando a máxima de Newton: “*hypothesis non fingo*”. Por sua vez, Lorentz e Poincaré adotaram um *Domínio Ideológico Instrumentalista*, onde as teorias não são descrições literais da Realidade (Antirrealismo de Teorias), mas instrumentos úteis para compreender e intervir na natureza (MARTINS, 2015). Assim, a existência do éter é uma questão de interesse para ontologia, para a Ciência, importa que o éter é um conceito útil e permite construir explicações e modelos causais.

Desta forma, fazendo uma analogia com os conceitos matemáticos de *singularidade aparente* e *singularidade real*, podemos dizer que as *Interdições Cognitivas* são como singularidades

reais, e as *Interdições Ideológicas*, são aparentes. As primeiras, ao contrário das segundas, não podem ser removidas por mudança de quadro de referências (*Domínio Ideológico*), a única forma de superá-las é construindo um novo *Domínio Cognitivo*.

b. Reversão Gestáltica

O conceito de reversão gestáltica é um elemento basilar tanto na epistemologia de Fleck (1986) como na de Kuhn (2017). Este conceito representa as mudanças descontínuas associadas a uma mudança no estilo de pensamento (FLECK, 1986) ou paradigma (matriz disciplinar) (KUHN, 2017), pois assim como nas mudanças de formas (Gestalt), a adesão a um novo estilo de pensamento ou paradigma é uma reorganização da forma da totalidade e não uma reforma estrutural e suave. A esse respeito, é ilustrativa a descrição longa, porém, necessária, proposta pelo próprio Kuhn (2017, p. 202):

As bem conhecidas demonstrações relativas a uma alteração na forma (gestalt) visual evidenciam-se muito sugestivas como protótipos elementares para essas transformações. O que eram patos no mundo do cientista antes da revolução posteriormente são coelhos. Aquele que antes via o exterior da caixa desde cima depois vê seu interior desde baixo. Transformações dessa natureza, embora usualmente sejam mais graduais e quase sempre irreversíveis, acompanham comumente o treinamento científico. Ao olhar uma carta topográfica, o estudante vê linhas sobre o papel; o cartográfico vê a representação de um terreno. Ao olhar uma fotografia da câmara de Wilson, o estudante vê linhas interrompidas e confusas; o físico, um registro de eventos subnucleares que lhe são familiares. Somente após várias dessas transformações de visão é que o estudante se torna um habitante do mundo do cientista, vendo o que o cientista vê e respondendo como o cientista responde. Contudo, esse mundo no qual o estudante penetra não está fixado de uma vez por todas, seja pela natureza do meio ambiente, seja pela ciência. Em vez disso, ele é determinado conjuntamente pelo meio ambiente e pela tradição específica de ciência normal na qual o estudante foi treinado. Consequentemente, em períodos de revolução, quando a tradição científica normal muda, a percepção que o cientista tem de seu meio ambiente deve ser reeducada - deve aprender a ver uma nova forma (*gestalt*) em algumas situações com as quais já está familiarizado. Depois de fazê-lo, o mundo de suas pesquisas parecerá, aqui e ali, incomensurável com o que habitava anteriormente. Essa é uma outra razão pela qual escolas guiadas por paradigmas diferentes estão sempre em ligeiro desacordo

A partir de nossos conceitos de *Domínios Cognitivo e Ideológico*, iremos propor duas categorias de reversão gestáltica: (i) cognitiva e (ii) ideológica.

(i) Uma *Reversão Gestáltica Cognitiva*, ocorre quando há uma reconfiguração do *Domínio Cognitivo*. A possibilidade de ocorrência desse fenômeno é devida a *primeira tese da subdeterminação*, que nos informa que “(...) diferentes teorias são capazes de dar conta de um mesmo domínio da realidade” (KRAUSER, ARENHART, 2013, p. 160). Como observou Poincaré (1898), podemos conceber inúmeras estruturas homeomórficas¹⁶, igualmente defensáveis para explicar os fenômenos¹⁷. A proliferação de diferentes línguas, cada qual com uma estrutura sintática própria, é um exemplo dessa ocorrência.

Outro exemplo foi a Revolução Orbital introduzida por Copérnico e sintetizada por Newton. Observe que, embora se trate de uma *Reversão Gestáltica Cognitiva*, porém, trata-se de um caso que o Domínio Ideológico levou a um abandono do *Domínio Cognitivo Geocêntrico*, pois Copérnico era um neo-platonista e acreditava que o *númeno* se manifestaria pela harmonia matemática. Para garantir a *verdade ontológica, i. e., adaequatio rei ad intellectum* (adequação da coisa ao intelecto)¹⁸, Copérnico construiu no *Domínio Ideológico* uma Teoria do Movimento que explicasse as objeções ao movimento da Terra e a ausência de efeitos observáveis (MARTINS, 2015). Foi apenas com Newton (MARTINS, 2010) que o *Domínio Cognitivo* foi plenamente desenvolvido e foi possível responder as objeções ao movimento da Terra, bem como prever seus efeitos empíricos (MARTINS, 2010).

Em alguns casos, o *Domínio Ideológico* pode cercear ou neutralizar uma reversão gestáltica do *Domínio Cognitivo*. Esse foi o caso de Galileu que recusou a primeira lei de Kepler, que indicava que as órbitas dos corpos celestes eram elípticas, e manteve sua convicção em órbitas circulares (TAKIMOTO, 2021). Desta forma, diremos que quando o *Domínio Ideológico* se enrijece e se converte em *Dogma* e, por essa razão, impede qualquer possibilidade autêntico de *diálogo* (TAKIMOTO, 2021).

¹⁶ Dizemos que duas estruturas ou modelos são homeomórficos se é possível estabelecer entre eles uma “(...) operação que envolve uma correspondência multiunívoca (muitos a um), e não obstante conserva invariante certas características funcionais ou operacionais”. (EPSTEIN, 1986, p. 51)

¹⁷ “Não há regra geral, não há regra rigorosa; mas uma infinidade de pequenas regras aplicáveis a cada caso particular. Essas regras não nos são impostas e poderíamos nos divertir inventando outras; no entanto, não se poderíamos desviar delas sem complicar muito o enunciado das leis da física, mecânica e astronomia. Portanto, escolhemos essas regras, não porque sejam verdadeiras, mas porque são as mais convenientes.” (POINCARÉ, 1898, p. 13).

¹⁸ Conceito devido a São Tomás de Aquino (JAPIASSU, 2001, p. 208).

(ii). Outra forma de reversão gestáltica é aquela que ocorre no *Domínio Ideológico*, preservando desta forma o *Domínio Cognitivo*. Trata-se daquilo que chamaremos de *Reversão Gestáltica Ideológica*. De maneira análoga a reversão gestáltica cognitiva, a possibilidade de ocorrência desse fenômeno também é devida a *subdeterminação*, só que neste caso trata-se da *segunda tese* que nos informa que uma estrutura teórica não determina e nem nos impõe uma determinada ontologia (KRAUSER, ARENHART, 2013). Em outras palavras, uma dada estrutura, é compatível com inúmeras possibilidades ou perspectivas de entendimento sobre a ontologia dos objetos (cf. QUINE, 1992; KRAUSER, ARENHART, 2013).

Esse foi o caso da interpretação de Einstein sobre o éter. Em 1905, o *Domínio Ideológico* de Einstein era fortemente influenciado por uma visão positivista, porém, o *Domínio Cognitivo* da Teoria da Relatividade Geral exigia reconhecer um conceito metafísico, espaço-tempo, dotado de qualidades que alteram as medidas físicas, e por isso, era semelhante ao “éter do eletromagnetismo” (MARTINS, 2015, p. 258). Desta forma,

À medida que ia desenvolvendo essa teoria, Einstein começou a mudar sua atitude em relação ao espaço. Embora a teoria da relatividade geral se referisse de forma abstrata à métrica do espaço-tempo, era claro que agora o espaço tinha propriedades físicas bem definidas e estava ficando parecido com um éter. O espaço-tempo tem características que mudam de um ponto para o outro; ele é influenciado pela matéria e pela energia e influencia o movimento da matéria e da energia. Ele não é um nada. O próprio Einstein afirmou que "Não existe um espaço vazio, isto é, um espaço sem campo. O espaço-tempo não declara existir por si próprio, mas apenas como uma qualidade estrutural do campo". (MARTINS, 2015, p. 258).

Essa pressão do *Domínio Cognitivo* exigiu uma reversão gestáltica do *Domínio Ideológico* de Einstein que, a partir de 1920, isto é, 15 anos após o surgimento da Teoria da Relatividade Especial, passou publicamente a defender a hipótese do éter, aderindo a um *Domínio Ideológico* semelhante do de Lorentz e Poincaré.¹⁹ Em outros casos, essa reversão gestáltica pode ser motivado por uma mudança epistemológica (ou mesmo ideológica no sentido mais *lato*), esse foi o caso de Louis De Broglie que abandonou a interpretação ortodoxa da mecânica quântica (não

¹⁹ Para uma discussão detalhada dessa reversão gestáltica, ver Martins (2015, p. 259-263).

realista) e adotou a perspectiva realista de David Bohm (BASSALO *et al*, 2003, FREIRE JR. 2015, PESSOA JR., 2019).

Por estes exemplos, vemos que o que distingue uma *reversão gestáltica cognitiva* de uma *reversão gestáltica ideológica*, é que esta preserva a estrutura, enquanto a *cognitiva*, não. Por essa razão, “(...) há várias maneiras defensáveis de conceber o mundo” (QUINE, 1992, p. 102), mas essa pluralidade, como observa Kuhn (2017), tem como consequência uma incomensurabilidade parcial entre diferentes estilos de pensamentos ou paradigmas. E, como distinguimos duas categorias de *reversão*, decorre que existirão duas formas de Incomensurabilidade, como veremos a seguir.

c. Incomensurabilidade

Como vimos, cada reversão gestáltica é responsável por um fenômeno que Kuhn (2017) chama de Incomensurabilidade e “(...) é uma outra razão pela qual escolas guiadas por paradigmas diferentes estão sempre em ligeiro desacordo.” (KUHN, 2017, p. 202). Uma vez que existam reversões gestálticas *Cognitiva* e *Ideológica*, segue, por *modus ponens*, que deverão existir dois tipos de *Incomensurabilidade*: uma *Cognitiva* e uma *Ideológica*.

A *Incomensurabilidade Cognitiva* é aquela que se verifica entre diferentes *Domínios Cognitivos*. Esse é justamente o caso entre a Mecânica Newtoniana e a Mecânica Quântica, ou entre as revoluções orbitais de Ptolomeu e de Copérnico. Diferentes *Domínios Cognitivos* podem ser julgados e comparados a partir de sua manifestação em alto nível de valores cognitivos (LACEY, 2008, 2010), o que torna factível a imparcialidade científica.

Já a incomensurabilidade ideológica ocorre quando o processo de reversão gestáltica conserva o *Domínio Cognitivo*, ocorrendo apenas no *Domínio Ideológico*. Nesse caso, as diferentes abordagens irão discordar quanto ao sentido (interpretação), mas levarão aos mesmos resultados empíricos. É justamente o caso da relatividade especial, pois como assevera Darrigol (2004, p. 616):

[Alguns afirmam que] essas diferenças entre as duas teorias às vezes são consideradas como implicando em diferentes previsões observáveis, mesmo dentro do domínio do eletromagnetismo e da

óptica. Na realidade, não existe tal discordância, pois o éter de Poincaré é por suposição perfeitamente indetectável, e cada dedução feita na teoria de Einstein pode ser traduzida em uma dedução na teoria de Poincaré por (artificialmente) decidir que um determinado quadro de referência é o referencial de éter e, ao distinguir entre o "verdadeiro" espaço e tempo deste referencial e o espaço e tempo "aparente" dos outros.

É justamente, por essa razão, que tanto Lorentz (1920) e Laue (1921) como Darrigol (2004) e Martins (2005) concluíram que a diferença entre essas duas é meramente epistemológica. Esse é um caso importante, pois não podemos aplicar o conceito de Imparcialidade para decidir qual a melhor interpretação, porque os valores cognitivos manifestados são exatamente os mesmos. Basicamente, se a abordagem de Poincaré for refutada, isso implicará na refutação da abordagem de Einstein.

Desta forma a incomensurabilidade ideológica tem duas consequências: não admite uma avaliação imparcial, mas permite uma comunicação (tradução) de conceitos entre abordagens diferentes. A primeira consequência pode ser superada se considerarmos que devemos avaliar o *Domínio Cognitivo* das teorias e considerar as interpretações (*Domínio Ideológico*) como *Valores*, no sentido empregado por Lacey (2008, 2010). A escolha de uma interpretação particular da Teoria é um momento a parte e não afeta a aceitação da Teoria. O que importa é que o *Domínio Cognitivo*, manifeste valores cognitivos em alto grau. Desta forma, a Imparcialidade continua sendo factível.

A segunda consequência mostra que existem casos em que a Incomensurabilidade é superável, por isso como Japiassu (2001), contestamos uma tese forte sobre a Incomensurabilidade, como aquela defendida por Feyerabend (2011), pois defendemos que a *incomensurabilidade ideológica* entre teorias é uma qualidade que pertence aos seus respectivos *Domínios Ideológicos*, porém há casos onde seus *Domínios Cognitivos* podem ser comparados e julgados, com base na evidência empírica disponível. Nesse sentido, opomo-nos às abordagens relativistas.

Após, essa análise epistemológica, estamos em condições de propor soluções para algumas controvérsias associadas a Teoria da Relatividade Especial.

IV. Incongruências na teoria da relatividade especial

Desde sua gênese, a Teoria da Relatividade Especial suscitou divergências e paradoxos. Embora a maioria deles tenham sido superados, o que assegurou a manifestação de valores cognitivos elevados. Porém, existem algumas pequenas divergências que ainda não foram resolvidas por completo²⁰. Nessa seção, usaremos nosso modelo para discutir algumas dessas incongruências.

A primeira incongruência foi detectada por Keswani (1965b, p. 27) e aparece no primeiro ensaio da Relatividade Especial proposto por Einstein:

Parece-nos, entretanto, que a derivação original de Einstein não é satisfatória. Einstein (pp. 44-45), usa velocidades de propagação da luz iguais a $(c-v)$, $(c+v)$ e $\sqrt{(c^2 - v^2)}$ em total desconsideração de seu próprio segundo postulada. Devemos notar que essas velocidades de propagação da luz, derivação de Einstein, são velocidades medidas fisicamente (ou seja, observáveis) e não certas quantidades em um cálculo algébrico.

Nós argumentamos que a crítica de Keswani (1965b) é apenas válida no Domínio Ideológico, não afetando o Domínio Cognitivo, portanto não invalidando o resultado. Para isso, devemos compreender qual o sentido atribuído ao *Princípio da Constância da Velocidade da Luz* nas abordagens de Einstein e Lorentz-Poincaré. Para compreendermos como cada *Domínio Ideológico* compreende a propagação da velocidade da luz, recorramos a explicação longa, porém inevitável de Martins (2015, p. 251-252):

Em uma teoria de éter, como a de Lorentz e Poincaré, a velocidade da luz só é isotrópica (isto é, tem igual velocidade em todas as direções e sentidos) em relação ao éter. Em relação a outros referenciais, que se movam em relação ao éter, sua velocidade "real" é diferente — exatamente como no caso do som no ar. Se duas pessoas estão paradas no chão, a uma distância de duzentos metros, e há um vento soprando de uma para a outra, o som percorrerá o espaço entre elas mais rapidamente no sentido do vento do que no sentido oposto. Ou então, se não há vento, mas as duas pessoas estiverem nas extremidades de um trem de duzentos metros de comprimento, e enviarem sinais sonoros através do ar externo, o som percorrerá o espaço entre elas mais lentamente no sentido do movimento do trem, e mais rapidamente no sentido oposto ao do trem. No entanto, no caso da luz, é muito difícil determinar sua velocidade em um único sentido, entre dois pontos, como já foi explicado. Normalmente é medida a velocidade de ida e volta. Para se poder medir a velocidade em um único sentido,

²⁰ O fato delas não terem sido amplamente discutidas provavelmente decorre de serem incongruências de raciocínio cujos resultados são corretos e que podem ser eliminadas por outros métodos (corretos) de dedução.

é necessário dispor de algum método para sincronizar relógios distantes. Poincaré mostrou que o método mais conveniente de se sincronizar relógios distantes é exatamente utilizando sinais luminosos (ou outros equivalentes, como sinais eletromagnéticos). Quando se usa a luz para sincronizar os relógios, qualquer medida da velocidade da luz fica "contaminada" e não poderá indicar a velocidade "real" da luz. Por isso, quando a velocidade da luz for medida em relação a um referencial em movimento em relação ao éter, utilizando relógios sincronizados pela luz, as medidas vão indicar que a velocidade da luz é sempre a mesma, em todas as direções e sentidos. Mas isso não é uma medida "real", é apenas o resultado de uma convenção adotada para o processo de sincronização dos relógios. Na abordagem de Einstein, a situação é muito diferente. Como não existe o éter, todos os referenciais são idênticos. Se existir um referencial inercial no qual a velocidade da luz se propaga com a mesma velocidade em todas as direções e sentidos, a mesma coisa deve acontecer em todos os outros. Ora, se tivermos um referencial no qual uma fonte luminosa está *parada*, a velocidade da luz deve ser a mesma em todas as direções, *por simetria* — não existe nada que diferencie uma direção da outra. Além disso, pelo segundo postulado (a velocidade da luz não depende da velocidade da fonte), se houver uma fonte luminosa *em movimento* nesse mesmo referencial, a velocidade da luz continuará a mesma, e também será isotrópica. Portanto, nesse referencial, qualquer que seja o estado de movimento da fonte luminosa, a velocidade da luz é sempre a mesma e igual a c , em todas as direções. Pelo princípio da relatividade, o mesmo deve ocorrer em todos os outros referenciais. Existe, assim, uma diferença *conceitual* entre as duas abordagens. No entanto, as duas concordam que as *medidas* da velocidade da luz são sempre as mesmas em todos os referenciais inerciais. Assim, nenhum experimento pode mostrar que uma das abordagens está certa e a outra está errada.

Desta forma, podemos compreender que a dedução proposta por Einstein é compatível com o *Domínio Ideológico* da abordagem de Lorentz-Poincaré, portanto não viola o *Domínio Cognitivo*. Assim, podemos dizer que essa incongruência é de natureza Ideológica. Embora Einstein nunca tenha comentado essa dedução, em um trabalho posterior (EINSTEIN, 1907), onde ele revisa as implicações do princípio da relatividade, Einstein optou por uma dedução coerente com seu Domínio Ideológico: ele procurou transformações lineares e homogêneas que mantêm invariante a forma esférica de uma onda luminosa em dois referenciais inerciais em movimento relativo.

Uma outra incongruência que tem sido destacada pela literatura é a dedução de Einstein (1905b) da relação massa-energia (STACHEL, TORRETTI, 1982). Embora Einstein não tenha sido o primeiro pesquisador a atribuir uma inércia a energia (LORENTZ, 1912, LANGEVIN, 1913, 1922, IVES, 1952, FADNER, 1989, MARTINS, 1989, 2012, 2015), ele foi o primeiro a propor essa relação como uma lei geral (MARTINS, 1989, 2012, 2015). Entretanto, a dedução de Einstein tem sido contestada (PLANCK, 1907, IVES, 1952). Inicialmente, Planck (1906) mostrou

que essa dedução só poderia ser tomada como uma aproximação de primeira ordem em v/c e que ela não seria válida para sistemas termodinâmicos diatérmicos ou corpos extensos submetidos a pressões externas. Nesses casos é a entalpia que apresenta uma inércia e não a energia total do sistema. Posteriormente, Petean (1991) mostrou que essa relação também não pode ser aplicada à energia potencial elétrica. Entretanto, foi Ives (1952) que demonstrou que a dedução de Einstein era falaciosa, pois partia de uma *petição de princípio*. A conclusão de Ives foi compartilhada por Jammer (2009) em seu estudo seminal sobre os conceitos de massa na física moderna. Entretanto, a conclusão de Ives (1952) foi contestada por Stachel e Torretti (1982).

Nós defendemos, sem incorrer em qualquer contradição, que tanto Ives (1952) quanto Stachel e Torretti (1982) estão certos. A crítica de Ives (1952) denuncia um abuso de Einstein no *Domínio Ideológico*, enquanto a análise de Stachel e Torretti (1982) mostra que a dedução de Einstein é consistente com o *Domínio Cognitivo*. Para provar nossa asserção, tomemos a conclusão da análise de Stachel e Torretti (1982, p. 762).

Resumindo: Einstein usa os seguintes princípios em sua derivação: o princípio da relatividade, a lei da conservação da energia, a existência de um limite newtoniano para a dinâmica relativística e a lei relativística da transformação da energia de uma onda eletromagnética. Essas premissas são certamente fortes o suficiente para derivar a relação de equivalência massa-energia; e, nesse sentido, é claro, a conclusão é exigida pelas premissas, como de fato deve ser em qualquer argumento logicamente correto. Se uma de suas suposições estivesse errada, isso tornaria seu argumento inconclusivo, mas não falacioso.

Observe que os princípios elucidados pelos autores, a saber: *o princípio da relatividade, a lei da conservação da energia, a existência de um limite newtoniano para a dinâmica relativística e a lei relativística da transformação da energia de uma onda eletromagnética*, pertencem justamente ao *Domínio Cognitivo* da Teoria. Uma dedução seria falaciosa se ela utilizasse um estratagema que violasse o conteúdo das premissas; da mesma forma que ela seria inconsistente se levasse a uma contradição interna. Portanto, a dedução proposta por Einstein é garantida pelo Domínio Cognitivo da Teoria da Relatividade. O problema ocorre justamente no *Domínio Ideológico*. Einstein cometeu, ao menos, duas transgressões:

1. *Salto Lógico Indutivo*: Einstein fez uma declaração universal a partir de quatro premissas particulares.
2. *Um Discurso Ideológico de Segundo Grau*: “uma ideologia na qual a maior parte dos vestígios da construção foram suprimidos” (FOUREZ, 1995, p. 187) como ocorreu no caso da dedução de Einstein onde os quatro princípios enunciados por Stachel & Torretti (1982, p. 762) foram ocultados.

Estas duas transgressões, realizadas pelo *Domínio Ideológico*, justificam as conclusões expostas por Ives (1952), pois entendemos uma Teoria como um sistema estruturado por dois domínios: ideológicos e cognitivos. Porém, como dissemos anteriormente, um ataque ou refutação feita ao *Domínio Ideológico* não invalida o valor cognitivo, no máximo, ela pode exigir uma alteração de sentido (reversão gestáltica) (KUHN, 2017).

Assim, tendo apresentado uma solução, que julgamos adequada, as incongruências sobre a relatividade, focaremos nossa atenção, na próxima seção, a outro tipo de divergência: as de natureza epistêmica.

V. Sobre a controvérsia epistemológica da TRE

O fato de uma teoria científica comportar duas dimensões, uma ideológica e uma cognitiva, permite apresentarmos alternativas para algumas disputas historiográficas. Como exemplo, aplicaremos nosso dispositivo de análise epistemológica para discutir a controvérsia sobre as interpretações de Einstein e Poincaré a respeito da Teoria da Relatividade Especial.

Até o começo da década de 1950, havia um consenso de que a prioridade da Teoria da Relatividade Especial era de Einstein (KESWANI, 1965a, MEHRA, 2001), porém em, em 1953, Whittaker pública uma obra histórica intitulada *History of the Theories of Aether and Electricity* onde a criação da Teoria da Relatividade Especial é creditada a Lorentz e Poincaré, atribuindo um papel secundário à Einstein (WHITTAKER, 1953, KESWANI, 1965a, 1965b, MEHRA, 2001). Desde então os historiadores e filósofos da ciência tem debatido sobre a solidez das afirmações de Whittaker (KESWANI, 1965a, 1965b, GOLDBERG, 1967, 1970, MILLER, 1986, 1997,

GIANNETTO, 1999, LOGUNOV, 2004) e porque o programa de Einstein progrediu enquanto o de Lorentz e Poincaré degenerou (ZAHAR, 1973a, 1973b).

Um dos opositores mais radicais às alegações de Whittaker, foi o historiador da ciência estadunidense S. Goldberg. Em uma série de artigos (GOLDBERG, 1967, 1969, 1970), o historiador defendeu a tese que Poincaré e Lorentz não conseguiram fazer uma ruptura epistemológica com a eletrodinâmica de Maxwell-Hertz, esse corte só ocorreu com os dois ensaios de 1905 de Albert Einstein. Os argumentos de Goldberg, entretanto foram questionados por um exame historiográfico mais cuidadoso de Keswani (1965a, 1965b) e, posteriormente, por Ives (1952) e, mais recentemente, por Logunov (2004).

Outros pesquisadores, como Zahar (1973a, 1973b) e Schaffner (1974), propuseram que a superioridade da abordagem de Einstein seria lógica. Em particular, Zahar (1973a, 1973b), utilizando a metodologia dos programas de pesquisa de Lakatos (1979), tentou mostrar porque o programa de Einstein era superior que o de Lorentz e Poincaré. Entretanto, essas abordagens foram criticadas por Feyerabend (1974) e Darrigol (2004). Mais recentemente, Martins (2005) mostrou que as abordagens de Einstein e Poincaré são equivalentes do ponto de vista epistemológico. Em outras palavras, o exame realizado por Darrigol (2004), Logunov (2004) e Martins (2005, 2015) indicam que tanto a abordagem de Einstein quanto a abordagem de Lorentz e Poincaré são idênticas no *Domínio Cognitivo*. As diferenças entre os programas de Einstein e Lorentz-Poincaré se encontram no *Domínio Ideológico*: enquanto Lorentz e Poincaré preferiam uma abordagem utilitarista, buscando explicar os fenômenos, fazendo referência a um éter imponderável, Einstein, adotou uma posição positivista, rejeitando o éter por ser um conceito metafísico. Em outras palavras “todas as previsões da relatividade especial de Einstein são iguais a Lorentz e Poincaré. Seria preferível dizer que Einstein propôs uma *interpretação* diferente da velha teoria, mas não uma *teoria* diferente” (MARTINS, 2005, p. 512).

Assim, podemos concordar parcialmente com Goldberg (1967, 1969, 1970) e Zahar (1973a, 1973b), que a abordagem de Einstein, no domínio ideológico, era diferente da abordagem de Poincaré e Lorentz. Porém, aceitar sua superioridade implicaria que o que determina o valor de uma teoria, ao menos em última instância, é sua dimensão ideológica, em particular, a

adoção de uma ideologia radicalmente positivista. Em outras palavras, dada duas teorias idênticas no domínio cognitivo, devemos optar pela mais positivista. Esse enunciado seria uma variação do Princípio de Okham²¹. Trata-se de uma conclusão semelhante a que Martins (2005) evidenciou em seu exame epistemológico²² e, por isso, está vulnerável às objeções apresentadas por Martins (2005, p. 513-514). Além disso, o princípio é prescritivo e não normativo, portanto, ele não pode ser tomado como uma *verdade a priori*. Portanto as teses de Goldberg (1967, 1969, 1970) e Zahar (1973a, 1973b) não podem ser justificadas formalmente (internamente). No caso de Zahar (1973a, 1973b), que adota a metodologia de Lakatos (1979), desta forma concluímos pela insustentabilidade de sua tese, pois o núcleo duro de uma teoria é o *Domínio Cognitivo*, sendo que o *Domínio Ideológico* pertence ao cinturão protetor.

Ao submeter as teses de Goldberg (1967, 1969, 1970) e Zahar (1973a, 1973b) a uma crítica, percebemos que aquilo que permanece válido é a conclusão que foi o *Domínio Ideológico* que garantiu a aceitação da interpretação de Einstein. Alguns pesquisadores evitam essa tese alegando que ela implicaria em uma visão radicalmente externalista sobre o desenvolvimento da ciência, a mesma preconizada pelos simpatizantes do Programa Forte da Sociologia do Conhecimento, e um relativismo radical. Ou que nossa abordagem é simpática a alguma versão forte da tese de Duhem-Quine. Esses argumentos são facilmente refutados, pois o que a nossa investigação permite concluir é que o *Domínio Cognitivo* das abordagens de Einstein e Lorentz-Poincaré eram idênticos, portanto, nesse caso em particular, a escolha de Minerva coube ao *Domínio Ideológico*. Registre que não estamos afirmando que o *Domínio Ideológico* é condição suficiente, ou necessária, para a aceitação de uma teoria.

²¹ Também chamado de Navalha de Ockham trata-se de um “princípio de economia que diz: “*entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*” (não se deve multiplicar os entes existentes além do necessário).” (JAPIASSU, MARCONDES, 2006, p. 206).

²² “Se, nos primeiros dez anos após 1905, a relatividade especial de Einstein tivesse ultrapassado a teoria de Lorentz e Poincaré, a única explicação possível seria: por sua postura empirista. No entanto, para aceitar tal conclusão, deve-se admitir que: (P1) A interpretação enfática da teoria da relatividade (com a rejeição do éter e de outras entidades inobserváveis) era realmente uma vantagem epistêmica. (P2) A abordagem de Lorentz e Poincaré não teve outras vantagens sobre a abordagem de Einstein.” (MARTINS, 2005, p. 514).

Considerações finais

Nesse ensaio, propomos um dispositivo de análise epistemológica das teorias científicas que acreditamos fornecer uma alternativa as abordagens positivistas-cientificistas e relativistas. Para justificar essa asserção, usamos este dispositivo para estudar a relação dos *Domínio Cognitivo* e *Domínio Ideológico* na Teoria da Relatividade Especial.

Esse conceito se mostra profícuo porque ao compreendemos que o *Domínio Ideológico* influencia e cerceia o *Domínio Cognitivo*, compreendemos que a *démarche* científica é afetada pelas posições históricas, sociais e políticas. Quando o *Domínio Ideológico* se enrijece, ele se converte em *Dogma*. O seu enrijecimento não permite que o *Domínio Cognitivo* se expanda ou sofra reversões gestálticas, pois toda mudança poderia comprometer a ordem estabelecida. Nesses casos, o *Domínio Ideológico* passa a legislar sobre o *Domínio Cognitivo*, as asserções de conhecimento só são verdadeiras quando corroboram as asserções de valor. Assim, o desenvolvimento do *Domínio Cognitivo* exige um *Domínio Ideológico* que busca a *verdade* e se autocritica. Um *Domínio Ideológico* que se crê portador da verdade, imobiliza o *Domínio Cognitivo*, pois se a verdade foi alcançada, não há conhecimento a ser adquirido²³. A partir dessa reflexão, asseveramos que o *Domínio Cognitivo* encontra condições mais fecundas quando o seu *Domínio Ideológico* opõe ao sectarismo, buscando mudar a ordem estabelecida, mas preservando valores éticos e humanos.

Por meio dos *Domínios*, podemos estudar as relações complexas entre teorias científicas e, como Lacey (2008, 2010), rejeitar a neutralidade axiológica e autonomia, mas preservar a imparcialidade, uma vez, que aquilo que deve decidir a validade das teorias é o seu *Domínio Cognitivo*. Essa abordagem também se mostra promissora para se compreender as relações entre a ciência e a ética e permite um diálogo entre saberes científicos e saberes da tradição. Ao reconhecermos que o *Domínio Cognitivo* comporta uma universalidade, recuperamos o sentido de unidade do conhecimento humano. É da natureza do Saber produzir *Domínios Cognitivos* cuja variedade (complexidade) seja adequada a complexidade do ambiente que a comunidade

²³ C.f. Bachelard (1977, 1983), Japiassu (1981, 1986, 1996, 2001) e Morin (2005).

ou a sociedade pretende em controlar. Isto nos leva a concluir que a Ciência não é uma forma “superior”, mas a mais adequada para lidar com a complexidade de uma sociedade globalizada.

Este foi justamente o caso do desenvolvimento histórico da Relatividade Especial. Diferente das narrativas populares, esta teoria não foi o fruto da genialidade de Einstein, mas um processo que envolveu aspectos cognitivos e extrínsecos a ciência. A consolidação da abordagem de Einstein, não ocorreu por ser superior a abordagem concorrente, devida a Lorentz e Poincaré, mas por razões ideológicas. De maneira geral, a ciência em seu *devoir*, não é a ciência purificada dos positivistas e cientificistas, nem a ciência como pura ideologia, mas uma relação complexa e dialética. Um recorte exclusivamente internalista ou externalista, será sempre uma imagem incompleta e deformada do trabalho científico. Por outro lado, o nosso *dispositivo de análise epistemológica*, como ilustrado no caso da Teoria da Relatividade Especial, permite capturar esse movimento dialético e superar as contradições aparentes que surgem das análises parciais.

Como desdobramento desse ensaio, sugerimos pesquisas que evidenciam como o *Domínio Ideológico* participa do processo de aceitação ou rejeição de uma Teoria Científica. Essas pesquisas buscarão evidenciar se o *Domínio Ideológico* é condição necessária para aceitação de uma Teoria; se há registros de teorias em que o *Domínio Ideológico* excedeu o *Domínio Cognitivo* na aceitação de uma Teoria, em particular, houve algum caso onde o *Domínio Ideológico* foi condição suficiente²⁴? Em caso afirmativo, quais foram as consequências epistemológicas e sociais?

Agradecimentos

Os autores, Clair de Luma e Wellington Queirós, gostariam de agradecer à Ana Carolina Feliciano, pelas discussões sobre *filosofia da linguagem, estruturas matemáticas e estrutura das teorias científicas*, que foram essenciais para a realização desse trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS/MEC – Brasil.

²⁴ Poderia ser o caso do *affair Lysenko* (LECOURT, 1978, LÖWY, 2000, LACEY, 2008, JAPIASSU, 2011).

Referências

- BACHELARD, G. *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: J. Vrin, 1977.
- BACHELARD, G. *La philosophie du non*. Paris: PUF, 1983
- BASSALO, J. M. F. et. al. Tópicos da Mecânica Quântica de de Broglie-Bohm. Belém: EDUFPA, 2003.
- BRADING, K. CRULL, E. Epistemic Structural Realism and Poincaré's Philosophy of Science. *Hopos: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, v. 7 (1):108-129, 2017.
- CASTORÍADIS, C. *Fait et à Faire*. Paris: Seuil, 1997.
- DARRIGOL, O. The Mystery of the Einstein–Poincaré Connection. *Isis*, v. 95 (4): 614-626, December 2004.
- DUHEM, P. *A Teoria Física: Seu Objeto e sua Estrutura*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2014.
- DUTRA, L. H. A. *Filosofia da Linguagem: Introdução Crítica à Semântica Filosófica*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2014.
- DUTRA, L. H. A. *Introdução à Teoria da Ciência*. 4ª ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2017.
- EARMAN, J. *World Enough and Space-Time Absolute versus Relational Theories of Space and Time*. Cambridge: The MIT Press, 1989.
- EARMAN, J. GLYMOUR, C. STACHEL, J. *Foundations of Space-Time Theories*. Minneapolis: Minnesota Press, 1977.
- EARMAN, J. NORTON, J. What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story. *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 38 (4): 515-525, Dec., 1987.
- EINSTEIN, A. Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Ann. Phys.* v. 17: 891-921, 1905.
- EINSTEIN, A. *The Collected Papers of Albert Einstein - Volume 7*. New Jersey: Princeton University Press, 2002.
- EPSTEIN, I. *Cibernética*. São Paulo: Ática, 1986.
- FADNER, W. L. Did Einstein really discover “ $E=mc^2$ ”? *Am. J. Phys.* v. 56: 114-122, 2008.
- FEYERABEND, P. K. Zahar on Einstein. *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 25 (1): 25-28, Mar., 1974.
- FEYERABEND, P. K. *Contra o Método*. 2ª Ed. São Paulo: Editora Unesp, 2011.
- FLECK, L. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Madrid: Alianza Editorial, 1986.
- FOCK, V. *The Theory of Space Time and Gravitation*. New York: Pergamon Press, 1959.
- FOUREZ, G. *A Construção das Ciências: Introdução à Filosofia e a Éticas das Ciências*. São Paulo: Editora Unesp, 1995.
- FREIRE JR., O. *Quantum dissidents: rebuilding the foundations of quantum mechanics (1950-1990)*. Berlin: Springer, 2015
- GIANNETTO E. The rise of Special Relativity: Henri Poincaré's works before Einstein. in: *Atti del XVIII Congresso di Storia della Fisica e dell'Astronomia*. Milano: Istituto de Física Generale Applicata / Centro Volta de Vomo, 1999, pp. 171-207.
- GOLDBERG, S. Henri Poincaré and Einstein's Theory of Relativity. *Am. J. Phys.* v. 35: 934–944, 1967.
- GOLDBERG, S. The Lorentz Theory of Electrons and Einstein's Theory of Relativity. *Am. J. Phys.* v. 37: 982-994, 1969.

- GOLDBERG, S. Poincaré's Silence and Einstein's Relativity: The role of theory and experiment in Poincaré's Physics. *British Journal for the History of Science*, v. 17: 73-84, 1970.
- GOMES, M. P. *Antropologia: Ciência do Homem. Filosofia da Cultura*. 2ª Ed. São Paulo: Contexto, 2017.
- GRAMSCI, A. *Cadernos do Cárcere. Vol 1. Introdução ao estudo da filosofia. A filosofia de Benedetto Croce*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.
- HABERMAS, J. *Teoria do Agir Comunicativo 1: Racionalidade da ação e racionalização social*. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2012.
- HABERMAS, J. *Técnica e Ciência como "Ideologia"*. São Paulo: Editora Unesp, 2014.
- HEMPEL, C. G. *Filosofia da Ciência Natural*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1974.
- IVES, H. E. Derivation of the Mass-Energy Relation. *Journal of the Optical Society of America*, v. 42 (8): 540-543, August, 1952.
- JAMMER, M. *Concepts of Mass in Contemporary Physics and Philosophy*. New Jersey: Princeton University Press, 2009.
- JAMMER, M. *Conceitos de Espaço: A História das Teorias do Espaço na Física*. Rio de Janeiro: Contraponto: Editora PUC-RIO, 2010.
- JAPIASSU, H. *Questões Epistemológicas*. Rio de Janeiro: Imago, 1981.
- JAPIASSU, H. *Introdução ao Pensamento Epistemológico*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1986.
- JAPIASSU, H. *Saber Astrológico: Impostura Científica?* São Paulo: Letras & Letras, 1992.
- JAPIASSU, H. *A Crise da Razão e do Saber Objetivo: As Ondas do Irracional*. São Paulo: Letras & Letras, 1996.
- JAPIASSU, H. *Nem Tudo é Relativo: A Questão da Verdade*. São Paulo: Letras & Letras, 2001.
- JAPIASSU, H. *Ciências: Questões Impertinentes*. São Paulo: Ideias & Letras, 2011.
- JAPIASSU, H. MARCONDES, D. *Dicionário Básico de Filosofia*. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2006.
- KANT, I. *A Crítica da Razão Pura*. Petrópolis: Vozes. 2015.
- KESWANI, G. H. Origin and Concept of Relativity (I). *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 15: 286-306, 1965a
- KESWANI, G. H. Origin and Concept of Relativity (II). *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 16: 19-32, 1965b.
- KRAUSE, D. ARENHART, J. R. B. Perspectivismo na filosofia da ciência: um estudo de caso na física quântica. *Scientiæ Studia*, v. 11 (1): 159-83, 2013.
- KUHN, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. 13ª Ed. São Paulo: Perspectiva, 2017.
- LACEY, H. *Valores e Atividade Científica 1*. 2ª Ed. São Paulo: Associação Filosófica Scientiæ Studia/ Editora 34, 2008.
- LACEY, H. *Valores e Atividade Científica 2*. São Paulo: Associação Filosófica Scientiæ Studia/ Editora 34, 2010.
- LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I. MUSGRAVE, A. (org.). *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.
- LARAIA, R. B. *Cultura: Um Conceito Antropológico*. Rio de Janeiro: Zahar, 1986.
- LANGEVIN, P. L'inertie de l'énergie et ses conséquences. *J. Phys. Theor. Appl.* 3 (1): 553-591, 1913.
- LANGEVIN, P. *Le Principe de relativité*. Paris: Éditions Étienne Chiron, 1922.

- LAUE, M. *Das Relativitätsprinzip der Lorentztransformation*. Braunschweig: Vieweg & Sohn, 1921.
- LECOURT, D. *Proletarian Science? The Case of Lysenko*. New York: Schocken Books, 1978.
- LOGUNOV, A. A. *Henri Poincare and Relativity Theory*. Ithaca: Cornell University Library, 2004.
- LORENTZ, H. Sur La Masse De L'energie; *Neerlandaises des Sciences Exactes, Naturelles*, Serie IIIa, Tome II: 139-153, 1912.
- LORENTZ, H. *Das Relativitätsprinzip*. Leipzig: B. G. Teubner, 1920.
- LÖWY, M. *As Aventuras de Karl Marx contra o Barão de Münchhausen: Marxismo e Positivismo na Sociologia do Conhecimento*. 7ª Ed. São Paulo: Cortez, 2000.
- MARCUSE, H. *O Homem Unidimensional: Estudos da Ideologia da Sociedade Industrial Avançada*. São Paulo: EDIPRO, 2015.
- MARTINS, R. A. A relação massa-energia e energia potencial. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 15: 265-300, 1989.
- MARTINS, R. A. A Popperian Evaluation of Einstein's Theory-Plus-Method. *Manuscrito. Revista Internacional de Filosofia*, v. 9 (2):95-124, 1986.
- MARTINS, R. A. Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 2 - Física moderna. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 15 (3): 265-300, dez. 1998.
- MARTINS, R. A. A. El empirismo en la relatividad especial de Einstein y la supuesta superación de la teoría de Lorentz y Poncaré. pp. 509-516, in: FAAS, H. SAAL, A. VELASCO, M. (eds.). *Epistemología e Historia de la Ciencia. Selección de Trabajos de las XV Jornadas*. Facultad de Filosofía y Humanidades. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2005.
- MARTINS, R. A. O mito de Galileu desconstruído. *Revista de História da Biblioteca Nacional*, v. 5 (número especial de História da Ciência 1): 24-27, outubro de 2010.
- MARTINS, R. A. *Teoria da Relatividade Especial*. São Paulo: Livraria da Física, 2012.
- MARTINS, R. A. *A Origem Histórica da Relatividade Especial*. São Paulo: Livraria da Física, 2015.
- MASSIMI, M. As Teorias Científicas São Verdadeiras? In: CHRISMAN, M. PRITCHARD, D. (Org.). *Filosofia Para Todos*. Porto Alegre: L&PM, 2019.
- MEHRA, J. *The Golden age of Theoretical Physics, vol. 1*. London: World Scientific Publishing, 2001.
- MILLER, A. I. *Frontiers of Physics: 1900-1911 Selected Essays*. New York: Springer, 1986.
- MILLER, A. Albert Einstein's Special Theory of Relativity. Emergence (1905) and Early Interpretation (1905-1911). New York: Springer, 1997.
- MORIN, E. *Ciência com Consciência*. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- NOLT, J. ROHATYN, D. *Lógica*. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.
- NUNES, R. C. QUEIRÓS, W. P. Doze Mitos Sobre a Teoria da Relatividade que Precisamos Superar. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37 (2): 531-573, ago. 2020.
- PESSOA JR., O. *Conceitos de Física Quântica (Volume 2)*. São Paulo: Livraria da Física.
- PETEAN, S. *O Problema da Relação Massa-Energia Potencial para Interações Eletromagnéticas*. Dissertação de Mestrado em Física, - Instituto de Física "Gleb Wataghin", Universidade Estadual de Campinas, 1991.
- PLANCK, M. Zur Dynamik bewegter Systeme. *Sitzungsberichte der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften*, (29): 542-570, 1907.

- POINCARÉ, H. La mesure du temps. *Revue de Métaphysique et de Morale*, v. 6 (1): 1-13, 1898.
- POINCARÉ, H. *La Science et l'Hypothèse*. Paris: Ernest Flammarion, 1902.
- POPPER, K. *Conhecimento Objetivo: Uma Abordagem Evolucionária*. São Paulo: EdUSP, 1975.
- QUINE, W. O. *Pursuit of Truth*. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- QUINE, W. O. *Palavra e Objeto*. Petrópolis: Vozes.
- QUINE, W. O. *De um Ponto de Vista Lógico: Nove ensaios lógico-filosóficos*. São Paulo: Editora Unesp.
- QUINE, W. O. ULLIAN, J. S. *The Web of Belief*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1978.
- ROMERO, G. E. On the Ontology of Spacetime: Substantivalism, Relationism, Eternalism, and Emergence. *Foundations of Science*, v. 22: 141–159, 2017.
- SCHAFFNER, K. F. Einstein versus Lorentz: Research Programmes and the Logic of Comparative Theory Evaluation. *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 25 (1): 45-78, Mar., 1974.
- SCHOPENHAUER, A. *A Arte de Argumentar: Como Vencer Qualquer Debate Sem Precisar Ter Razão*. São Paulo: Faro, 2020.
- SCHÜLER, G. G. SEVERO, R. P. Quatro Teses de Subdeterminação de Teorias pelos Índícios Observacionais: Significados, plausibilidades e implicações. *Principia*, v. 24 (2): 299–324, 2020.
- SKLAR, L. *Space, Time, and Spacetime*. California: University of California Press, 1974.
- SKLAR, L. *Philosophy and Spacetime Physics*. California: University of California Press, 1985.
- SKLAR, L. *A Filosofia da Física*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2021.
- STACHEL, J. TORRETTI, R. Einstein's first derivation of mass-energy equivalence. *American Journal of Physics*, v. 50 (8): 760-763, 1982.
- TAKIMOTO, E. *Como Dialogar com um Negacionista*. São Paulo: Livraria da Física, 2021.
- WHITEHEAD, A. N. RUSSELL, B. *Principia Mathematica*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.
- WHITTAKER, E. T. *A History of the Theories of Aether and Electricity. Vol. 2*. New York: American Institute of Physics, 1953.
- WITTGENSTEIN, L. *Tractatus Logico-Philosophicus*. São Paulo: EdUSP, 2001.
- ZAHAR, E. Why Did Einstein's Programme Supersede Lorentz's? (I). *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 24 (2): 95-123, Jun., 1973a.
- ZAHAR, E. Why Did Einstein's Programme Supersede Lorentz's? (II). *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 24 (3): 223-262, Sep., 1973b.

Recebido em: 01/07/2022

Aprovado em: 12/02/2023

Clair de Luma Capiberibe Nunes

Mulher Travesti, bacharel em Comunicação Social, habilitação em jornalismo. Licenciada em Física, tendo cursado as carteiras do bacharelado, mestre em Ensino de Ciências (Construção do Conhecimento). É doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, na linha de Construção do Conhecimento. É educadora científica e pesquisadora nos campos da História, Epistemologia e Sociologia das Ciências, Ensino

de Ciências, Teoria da Relatividade, Space-Time Algebra e Álgebras de Clifford. Participa do Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Educação Científica e Tecnológica (GPEECT).

Wellington Pereira de Queirós

Doutor em Educação em Ciências (Educação Física) pela Universidade Estadual Paulista (UNESP-Bauru) com estágio sanduíche no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Licenciado, bacharel e Mestre em Física. Atua como Professor Adjunto 3 do Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, também atua como docente e orientador no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Suas principais linhas de pesquisa são: Formação de Professores, História, Filosofia e Sociologia da Ciência na Educação Científica e Tecnológica; Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA) na Educação em Ciência e Tecnologia. Coordena o Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Educação Científica e Tecnológica (GPEECT).