

REALISMO DE ENTIDADES E DESCONTINUIDADE DA  
CIÊNCIA: UMA RESPOSTA A ELSAMAHI<sup>1</sup>

*Entity realism and discontinuity of Science: a response to Elsamahi*

---

Tiago Oliveira<sup>2</sup>

RESUMO

Num artigo de 1994, intitulado *Could Theoretical Entities Save Realism?* Elsamahi expõe um conjunto de problemas que ameaçam algumas supostas vantagens do realismo de entidades em relação ao realismo explanacionista (realismo de teorias, no vocabulário dos proponentes do realismo de entidades). Tais críticas foram dirigidas particularmente ao realismo proposto por Hacking (1983). No presente artigo farei uma breve apreciação da argumentação de Elsamahi reconhecendo alguns dos méritos do artigo em questão, mas também algumas de suas dificuldades. Meu esforço está concentrado especialmente na alegação de que o critério do realismo de entidades precisaria ser revisto nos casos em que há mudanças teóricas e as entidades das teorias substituídas passaram a ser consideradas fictícias, num passo similar ao de responder a algumas versões da metaindução pessimista. Argumentarei que, ao contrário do que pensa Elsamahi, o realismo de entidades mostra-se compatível com as mudanças teóricas que descartaram as três entidades que costumam causar dificuldades ao realismo explanacionista: o éter, o calórico e o flogisto.

**Palavras-chave:** Realismo de entidades. metaindução pessimista. Ian Hacking. Elsamahi.

ABSTRACT

Elsahami, in his *Could Theoretical Entities Save Realism?* (1994), offers a set of problems that should be a threat to the alleged improvements of entity realism over explanationist realism (or theory realism, in entity realism's vocabulary). Those criticisms were driven particularly to Hacking's entity realism (1983). In this present article, I will briefly appreciate Elsamahi's argumentation recognizing some of its merits and some of its problems. My efforts will be especially concentrated on the assumption that entity realism's criterion might be revised in that cases of theoretical changes in which the replaced theoretical entities turned to be considered fictional ones; this is a similar strategy than to answering to some versions of pessimistic meta-induction. I will argue that, far from Elsamahi's thought, entity realism is compatible to those theoretical changes that discarded the ether, the caloric, and the flogisto, three entities that usually cause trouble to explanationist realism.

**Key-words:** Entity realism. pessimistic meta-induction. Ian Hacking. Elsamahi.

---

<sup>1</sup> <https://doi.org/10.51359/2357-9986.2024.258597>

<sup>2</sup> Colégio Pedro II. E-mail: [tiagoluis@ymail.com](mailto:tiagoluis@ymail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7793-9890>.

## 1. Preâmbulo: breve introdução ao debate em torno do realismo científico<sup>3</sup>

A discussão sobre o estatuto das teorias científicas quando estas recorrem a entidades e processos inobserváveis é uma das mais acaloradas no seio da filosofia da ciência contemporânea. Uma posição que ficou muito patente entre os membros do Círculo de Viena (início da década de 1920) e os positivistas lógicos em geral é a de que enunciados envolvendo termos para entidades inobserváveis sequer possuíam valor de verdade, a menos que fossem apresentados princípios de transposição entre aqueles termos e práticas empíricas de verificação. Tal posicionamento, muitas vezes tratado sob o nome de *Instrumentalismo*, dá a entender que aqueles termos seriam uma abreviação para uma série de procedimentos empíricos (no lugar de supor a existência de elétrons, um instrumentalista alega que o termo ‘salto de elétron’ simplifica, por exemplo, o espectro de emissão, um fenômeno observável a olho nu). Neste sentido, se um enunciado científico fizer uso de um termo teórico, ou tal termo é capaz de ser substituído por um procedimento de verificação ou o enunciado é destituído de valor de verdade. O instrumentalista sustenta que as teorias científicas só seriam verdadeiras (ou falsas) acerca daquela parcela do mundo passível de verificação. Tal posicionamento é antirrealista científico porque não se compromete ontologicamente com entidades processos inobserváveis postulados cientificamente. Obviamente, a postura do realismo científico é a de admitir que enunciados científicos possuem valor de verdade em conjunto com alguma tese sobre como a ciência nos dá a conhecer tanto os aspectos observáveis quanto os inobserváveis da realidade.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Ao leitor familiarizado com o debate aqui introduzido, sugiro dirigir-se diretamente para a próxima seção, onde discorro especificamente o Realismo de Entidades e a discussão crítica do mesmo.

<sup>4</sup> Carman (2005) apresenta uma análise combinando propriedades semânticas (verdadeira(s), falsa(s) ou referente(s)) a um objeto científico (lei(s) ou termo(s) teórico(s)) com quantificadores (todas, algumas, a maioria), cada qual dos últimos podendo ser determinada ou não. Além disso, acrescenta uma série de outros qualificadores, de modo a calcular pelo menos 1110 formas diferentes de realismos/antirrealismos científicos. Faço esse comentário aqui para deixar claro que, na hipótese de somente 1/10 dessas possíveis posições filosóficas serem realmente defensáveis, ainda assim haveria uma centena de posicionamentos sobre o debate em torno do realismo científico. Isso permite sugerir que boa parte dos textos sobre o tema inevitavelmente vão se restringir a duas ou três daquelas possibilidades. E as chances de cometer uma falácia do espantalho aumentam consideravelmente

Em reação às teses positivistas, muitos filósofos se posicionaram como realistas científicos levantando uma série de razões contrárias ao instrumentalismo: a prática dos cientistas e o modo como eles fazem uso dos termos teóricos diverge do discurso instrumentalista; os termos teóricos são indispensáveis para a compreensão das teorias envolvidas; o antirrealismo não explica o sucesso teórico e prático do empreendimento científico; a diferença entre o inobservável e o observável é meramente uma questão de grau. Estes dois últimos argumentos remontam a Hilary Putnam (1975) e Grover Maxwell (1962), respectivamente.

Maxwell sugere que a passagem desde verificações a olho nu para a de objetos invisíveis ao olho nu ocorre gradualmente, tais como ocorre quando observamos objetos vistos através de uma janela de vidro, depois através de binóculos, de lunetas, de telescópios, de microscópios etc. Se for como pensa o autor mencionado, entidades inobserváveis são mais do que ferramentas metodológicas, mas possuem estatuto ontológico, sendo componentes da realidade e sujeitas ao conhecimento científico tal qual objetos visíveis a olho nu.

O argumento do sucesso miraculoso alega que o realismo científico “é a única filosofia que não faz do sucesso da ciência um milagre” (Putman, 1975, p. 73). Isto é, dentre as explicações possíveis para o sucesso da ciência, a mais promissora parece ser a de que as teorias são (aproximadamente) verdadeiras. Trata-se de uma inferência para a melhor explicação, forma argumentativa que permite estabelecer a provável correção da explicação mais competente dentre um rol de explicações disponíveis para um *explanandum* ou para uma série de *explananda*.

Embora o positivismo lógico tenha sido um projeto amplamente abandonado na filosofia da ciência a partir da década de 1960, a publicação do livro *The scientific image* de Bas van Fraassen (1980) reacendeu a discussão em torno do realismo científico, adotando uma postura conhecida como *Empirismo construtivo*. O autor procurou oferecer uma distinção mais adequada do que a antiga oposição teórico vs observável. No lugar, estabeleceu um critério fisiológico: observável vs inobservável a olho nu. Deste modo, os planetas e o Pégasus seriam observáveis (se estivéssemos perante

---

quando tais debates se pretendem mais genéricos.

um desses objetos poderíamos vê-los) ao passo que elétrons e mitocôndrias seriam inobserváveis. Essa nova distinção ataca diretamente a ideia de Maxwell, a quem van Fraassen acusa de abusar da vagueza para nublar uma distinção muito clara e natural. Contra o positivismo lógico, o empirismo construtivo considera que proposições científicas possuem valor de verdade. Van Fraassen não negava que as coisas pudessem ser tal como sugeridas pelas teorias envolvendo entidades inobserváveis. A disputa, entretanto, seria epistêmica: nossos órgãos sensoriais não permitem saber nada além daquilo que é empiricamente adequado, ou seja, a ciência nos dá a conhecer a parcela da realidade observável, mas estamos justificados em suspender o juízo quanto às partes inobserváveis da mesma (ainda que possam existir). O empirismo construtivo também buscou uma explicação evolutiva para o sucesso das teorias mais maduras da ciência. O empreendimento científico seria de tentativa e erro (portanto, de mais fracassos do que sucessos). Teorias mais adaptadas são as que sobreviveram e que supostamente atuam a favor da ideia de sucesso da ciência. O argumento do sucesso omite toda a história de fracasso da ciência e a suposta verdade das teorias não seria a melhor explicação do sucesso dessas poucas teorias. Não bastasse a recusa ao argumento do sucesso, o empirismo construtivo também buscou minar a própria inferência a favor da melhor explicação, recorrendo a ideias duhemianas de subdeterminação das teorias pela evidência empírica: quando duas teorias rivais se equivalem no nível observável, mas postulam diferentes entidades inobserváveis, não teríamos um critério de decisão entre ambas. Segundo van Fraassen, o objetivo da ciência não seria o de descrever a realidade, mas produzir teorias empiricamente adequadas, que respondam pragmaticamente ao contexto da investigação. Buscar verdades (ainda que aproximadas) é um objetivo muito mais exigente e, talvez, inatingível.

Há outro argumento bastante relevante para o debate em questão que é especialmente importante para os propósitos deste artigo. Trata-se de uma contestação da ligação entre sucesso, verdade e referência quando se tem em vista a história da da ciência. Laudan (1981) propôs uma lista de teorias que exibiam características capazes de as credenciar como teorias bem-sucedidas. Tais teorias, entretanto, foram substituídas e suas entidades inobserváveis descartadas, de modo a tornar os termos teóricos destituídos de

referentes. Relatos como os de Laudan passaram a constituir num fundamento para uma *metaindução pessimista*, pois à luz da história da ciência, é provável que o mesmo destino esteja reservado às atuais teorizações bem-sucedidas. Lyons(2002) e Vickers (2013) ampliaram consideravelmente a lista original. Há, no entanto, muita controversa sobre a solidez do argumento e sobre se se trata realmente de uma indução. Mais adiante, vamos tomar os casos do Éter, do Calórico e do Flogisto, presentes na lista original de Laudan, e mostrar como o abandono dessas entidades está de acordo com os critérios do realismo experimental.<sup>5</sup>

Dado os argumentos acima sumarizados, o campo do realismo científico passou a adotar uma estratégia seletivista (sobre quais partes do discurso científico devemos ser céticos e sobre quais estamos justificados em adotar alguma postura realista). Três famílias de realismos seletivos se destacam: o realismo explanacionista, o realismo de entidades (objeto deste artigo) e o realismo estrutural (sobre o qual não nos pronunciaremos, dado o escopo deste texto).

No campo do realismo baseado em inferência a favor da melhor explicação, Lipton (1991) defende que o empirista construtivo criou uma dicotomia insustentável: para tais antirrealistas a inferência a favor da melhor explicação vale para o observável mas não para o inobservável. Ora, explicar o que torna o mesmo procedimento inferencial sólido nuns casos e fracos noutros é uma tarefa de quem assume tal dicotomia. Neste caso, o ônus da prova precisa ser dividido entre realistas e antirrealistas. Ademais, é possível levantar a tese de que só os novos sucessos contam a favor de uma teoria científica. Novos sucessos seriam caracterizados pela produção de novas explicações para evidências já conhecidas e de predições surpreendentes de fenômenos sequer cogitados antes (e que só vieram a ser concebidos por serem consequência lógicas das novas hipóteses estabelecidas pela teoria em questão). Embora o seletivismo confira apenas às teorias de surpreendente sucesso explanatório e preditivo o rótulo de “aproximadamente verdadeiras”, algumas das teorias obsoletas da lista de Laudan e das listas suplemen-

---

<sup>5</sup> Psillos (1996), por exemplo, formula o desafio como uma *reductio ad absurdum*. Lyons (2002), por sua vez, sugere que trata-se de um *meta-modus tollens* pessimista. Um estudo defendendo a pertinência do desafio inerente à metaindução pessimista, bem como algumas formulações dedutivas da mesma pode ser encontrado em Oliveira(2014).

tares supramencionadas ainda se credenciam a tal realismo científico. Neste caso, cumpre ao realista explanacionista explicar como tais teorias seriam aproximadamente verdadeiras (mesmo quando seus termos possuem referência nula) ou como as mesmas teorias não seriam, de fato, bem-sucedidas, ou ainda como os termos abandonados não seriam peça necessária para o sucesso em questão.<sup>6</sup>

## 2. Realismo de entidades de Ian Hacking: o argumento experimental para o realismo

O realismo científico experimental<sup>7</sup> surgiu no início da década de 1980 (sendo batizado como *Realismo de Entidades* ou RE) procurando ganhar terreno no solo empirista. No lugar de apelar para o poder explicativo ou para um sucesso miraculoso<sup>8</sup>, Hacking (1983 e 1984) e Cartwright (1983) inferem a existência de entidades teóricas por causa da manipulação instrumental dessas entidades cujas propriedades experimentais tornam possíveis fenômenos bem controlados. Inferir causas concretas de efeitos concretos a partir da experimentação permite supor a existência de algumas entidades que, mesmo não observáveis, seriam capazes de produzir aqueles fenômenos. Obviamente não é possível, dessa maneira, afirmar a realidade de toda e qualquer entidade postulada por teorias de sucesso. Somente as entidades cujas propriedades causais podem ser manipuladas cumpririam tal requisito. Mas, sem dúvida, o realismo experimental de Hacking e Cartwright permite dirimir um pouco do ceticismo que fica depois de o empirismo construtivo (proposto por van Fraassen em 1980) comprometer-se apenas com o que é

<sup>6</sup> Este último é o caso de Psillos (1996) e sua estratégia *Divide et impera*.

<sup>7</sup> Neste texto, farei menção ao termo ‘realismo experimental’ como referindo a toda família de realismos que incorpora intuições do realismo de entidades original (de Hacking e Cartwright), tais como a proposta de Suárez (2008), Chakravartty (2007) e Egg (2012). O termo ‘realismo de entidades’ será, portanto, mais restritivo, posto que se aplica apenas às propostas originais e não a suas sucessoras.

<sup>8</sup> O Realismo de Entidades procura justamente evitar as críticas antirrealistas que miram argumento do sucesso: a de que inferências para a melhor explicação (modo de raciocínio inerente ao argumento do sucesso) não são guias confiáveis para a verdade porque teorias rivais são subdeterminadas diante da evidência disponível; a de que o sucesso científico foi construído em cima de bastante fracasso, tentativa e erro; e a de que o sucesso de várias teorias obsoletas não permite-nos dizer que tais teorias sejam verdadeiras e seus termos teóricos genuinamente referentes. A ideia de Hacking e Cartwright seria a de inferir entidades por critérios independentes do sucesso explanatório de teorias de alto nível. Tais supostas vantagens também são mencionadas por Elsamahi (1994).

observável em princípio e observado de fato. Quando Bas van Fraassen recomenda a suspensão do juízo no que diz respeito ao mundo inobservável, Hacking e Cartwright pensam poder afirmar a existência de algumas das entidades que o empirista construtivo precisa manter (por força de seu critério) como apenas possibilidades sobre o que o mundo pode ser (e não conhecimento de uma realidade por trás das aparências).

Sumarizarei a seguir apenas algumas linhas do argumento experimental de Hacking, uma vez que, além da economia de espaço, é este argumento em especial que será objeto da crítica de Elsamahi.

Hacking (1984) sugere que uma reconstrução histórica pode mostrar como o elétron passou de ‘entidade hipotética’ a ‘entidade experimental’, isto é, quando deixou de ser apenas um postulado de teorias mais ou menos consistentes entre si para ser reconhecida como uma partícula manipulável e capaz de ser apontada como causa da mudança de carga e de massa num sistema. Hacking supôs na obra mencionada que Thomson e Millikan estavam interagindo com elétrons mais do que testando sua existência. O autor quer ressaltar assim a diferença entre experimentar *sobre* e experimentar *com*. Na sua visão, Millikan, ao fazer experiências *sobre* o elétron, poderia continuar cético mesmo depois de descobrir a carga mínima, pois talvez pudesse existir uma carga mínima sem que houvesse uma partícula com essa carga. O comprometimento com a existência deriva do experimentar *com*:

Experimentar sobre uma entidade não te compromete a acreditar que ela existe. Somente manipular uma entidade, de modo a experimentar sobre alguma outra coisa, deve levar a isso. (Hacking, 1984, p. 156)

Um outro relato retirado da história mais recente (preciso mencioná-lo, pois será objeto da crítica de Elsamahi) é o experimento PEGGY II. PEGGY II é um canhão de polarização de elétrons construído para testar a hipótese de que haveria uma pequena violação da paridade nas interações neutras fracas (a radioatividade é um exemplo de força fraca). A hipótese previa que o número de elétrons que tendem a se espalhar é ligeiramente maior entre os polarizados à esquerda do que os elétrons polarizados à direita. A construção de PEGGY II envolveu a utilização de uma substância cristalina conhecida como arsenieto de gálio (GaAs) cuja mais interessante

propriedade era emitir grande quantidade de elétrons linearmente polarizados quando estimulado por algumas frequências de luz circularmente polarizada. De acordo com a física quântica, 50% dos elétrons seriam polarizados, na proporção de  $\frac{1}{4}$  para uma direção e  $\frac{3}{4}$  na direção oposta. Basicamente, o canhão emite luz vermelha polarizada linearmente, a qual precisa passar por uma célula de Pockel para que os fótons sejam polarizados circularmente. Nessa célula, operada por corrente elétrica, é possível variar de modo controlado a direção da polarização, o que é feito de modo aleatório e com registro computacional para evitar que o resultado obtido seja apenas fruto de um “vício” no aparelho. O feixe de fótons polarizado circularmente atinge o cristal de GaAs e desencadeia um pulso de elétrons polarizados linearmente, os quais são conduzidos por ímãs para o acelerador. Há ali um dispositivo de checagem da proporção de polarização. Hacking procurou ressaltar as dificuldades pelas quais os cientistas passaram ao construir e utilizar PEGGY II: limitações técnicas (feixes de laser possuem oscilações irremediáveis), defeitos mecânicos (elétrons espalhados do cristal eventualmente entravam no canal do laser e alguns eram refletidos de volta ao sistema, o que demandava eliminação mecânica) e pressentimento a respeito de causas de defeitos (Por se tratar de medir uma assimetria muito pequena, um dos pesquisadores resolveu, por prudência, usar um spray antipoeira por um mês, desconfiado de que o resultado pudesse ser influenciado pela possibilidade de as partículas de poeira ficarem na horizontal ou na vertical, dependendo da direção da polarização). Por fim, ficamos sabendo que não foi possível polarizar mais do que 37% dos elétrons (contra os 50% de que a teoria previa). Segundo Hacking, a fabricação de PEGGY II não foi uma atividade teórica, a teoria quântica dos cristais explica a polarização, mas não diz nada a respeito das propriedades do GaAs (substância que fora inclusive descoberta ao acaso por um dos pesquisadores do projeto numa revista científica dedicada à ótica). Também não se sabe a razão pela qual as camadas de césio e oxigênio aplicadas à superfície do material aumenta a eficiência para 37%.

Qual o propósito de Hacking com esse relato? A ideia é a de que houve, na história da ciência, um momento em que a melhor razão para a crença na existência de elétrons era o sucesso explicativo. No entanto, o autor lembra que “a habilidade em explicar carrega pouca garantia de verdade”

(Hacking, 1984, p.167). Hacking nega que seja possível oferecer um relato verdadeiro da estrutura fundamental do elétron. No entanto, o filósofo canadense pensa que conhecemos uma “família de propriedades causais” com base nas quais é possível utilizar elétrons para investigar outras coisas. Sob a ótica do experimentador, pensa o filósofo, os elétrons serem nuvens, ondas ou partículas é irrelevante.

Em relação à representação aos modelos teóricos, Hacking considera que é possível a coexistência de pesquisadores trabalhando juntos, mas sustentando opiniões teóricas diferentes e até incompatíveis. Isso pode ocorrer quando cada parte do experimento precisa referir ao elétron de modo independente e, assim, um modelo pode ser muito bom para lidar com certos aspectos do elétron ao passo que outro seja preferível em um aspecto diferente a ser testado. Dessa forma, Hacking considera que seu realismo experimental evita certos comprometimentos axiológicos presentes no realismo de teorias, a saber, o objetivo da ciência em alcançar a verdade e o sentimento de que a ciência alcançará seu objetivo em algum momento do futuro - Hacking refere-se a isso como “princípios piercianos de fé, esperança e caridade” (Hacking, 1984, p.157) do realismo de teorias. Ainda em relação à defesa do argumento experimental, o autor lembra que a realidade de elétrons não deve ser inferida do sucesso na construção de um instrumento baseado nas propriedades da entidade. Isto é, não se prova a existência de elétrons do mesmo modo como se faz o teste de uma hipótese e esse não é o propósito de tal aparelho. Hacking propõe a inversão desse esquema onde a construção de um instrumento precisa eliminar ruídos, defeitos e interferências (muitas vezes eventos não explicados por teoria alguma), num processo em que não se conclui que os elétrons tenham essa ou aquela propriedade, mas antes, que através das propriedades causais dos elétrons podemos (via tal aparato) interferir em outras “partes mais hipotéticas da natureza”:

Por agora, nós projetamos um aparato confiando em um modesto número de verdades caseiras (*home truths*) sobre os elétrons, com a finalidade de produzir algum outro fenômeno que desejamos investigar. [...]. O instrumento precisa ser capaz de isolar, fisicamente, as propriedades das entidades que desejamos utilizar e diminuir todos os outros efeitos que podem entrar no nosso caminho. *Nós estamos completamente convencidos da realidade dos*

*elétrons quando regularmente tentamos construir – e frequentemente somos bem-sucedidos na construção – novos tipos de aparelhos que usam várias propriedades causais bem conhecidas dos elétrons para interferir em outras partes mais hipotéticas da natureza”.* (HACKING, 1984, p.161. Grifos do autor)

Abrindo mão, entretanto, de se posicionar sobre as teorias que se referem às entidades inobserváveis, os realistas de entidades compraram uma briga com realistas de teorias e antirrealistas recebendo, por isso, severas críticas. Uma delas foi apresentada por Elsamahi (1994) que, entre outras objeções, acusa o realismo de entidades de ser incompatível com as mudanças teóricas vivenciadas pela história da ciência. Procurarei expor e em seguida responder à crítica de Elsamahi contra o realismo de entidades no que tange as mudanças teóricas e, se bem-sucedido, abrirei caminho para defender a hipótese de que tal realismo é capaz de compatibilizar-se com a história das mudanças científicas constituindo-se num realismo resistente à metaindução pessimista.

### 3. Considerações sobre as críticas de Elsamahi

Elsamahi (1994) teceu quatro críticas ao RE, em especial ao argumento experimental proposto por Hacking: 1) há uma analogia tácita questionável no argumento experimental; 2) o experimento PEGGY II pode ser interpretado instrumentalisticamente; 3) o argumento experimental depende mais de teorias do que de experimentos; 4) o choque com as mudanças teóricas e o progresso científico.

De acordo com Elsamahi, o realismo de entidades está ancorado na crença de que é possível ter acesso experimental às entidades teóricas sem que tal acesso dependa das verdades das teorias em que tais entidades se apresentam:

Assim, estabelecer um realismo de entidades que é invulnerável aos problemas de mudança teórica ou de falsificação teórica, bem como aos problemas relacionados à inferência pela melhor explicação, requer, como apontamos acima, uma rota experimental para as entidades livre de teorias. A separação do realismo de entidades é, ao contrário, inatingível. Por essa razão, realistas de entidades deveriam nos convencer de que seu acesso experi-

mental às entidades teóricas não depende fortemente das teorias que introduzem e caracterizam as entidades teóricas. (Elsamahi, 1994, p. 174)

O autor prossegue alegando que o critério fornecido pelo argumento experimental de Hacking faz com que o realista de entidades considere os fótons meramente entidades hipotéticas até que eles sejam instrumentos para produção de outros fenômenos, ainda que teorias os postulem como reais. Na visão de Elsamahi, o argumento de Hacking possui uma analogia tácita que, embora não explicitada no artigo em questão, pode ser assim formalizada:

**Premissa 1:** Utilizar uma ferramenta de laboratório dá uma razão substancial para afirmar que a ferramenta existe.

**Premissa da analogia:** Uma entidade experimental é como uma ferramenta de produção de fenômenos.

**Conclusão:** Logo, utilizar uma entidade experimental dá uma razão substancial para afirmar que a entidade existe.

Para o autor, a analogia se manifesta problemática, pois não se poderia dizer que os elétrons de PEGGY II (ver seção anterior) tenham o spin manipulado da mesma forma como pensa-se manipulação de entidades macroscópicas. Manipulação de spin deveria soar como uma metáfora:

De fato, seria mais plausível sustentar que as respostas físicas e reações das correntes neutras fracas no experimento poderiam ser bem explicadas pelo apelo ao spin dos elétrons do que manter que as correntes foram literalmente manipuladas pelos elétrons. (Elsamahi, 1994, p. 176)

A justificação do autor para tal posicionamento me parece um pouco problemática. Segundo ele, Hacking não poderia apelar para o spin do elétron uma vez que algumas entidades consideradas pelo realista experimental como meramente hipotéticas, como fótons e nêutrons, possuem também spin. Assim, segundo a interpretação de Elsamahi, o realista de entidades deveria considerar que “ter spin não é indicativo de existência” (p.176). Elsamahi tem um ponto inegável aqui: o spin é uma propriedade atribuída às entidades pela teoria quântica e pode parecer impossível separar teoria e ex-

periência nesse caso. É possível conceder esse ponto.<sup>9</sup> Mas supor que o critério do realismo de entidades exige que uma propriedade atribuída a uma entidade experimental não possa ser reconhecida porque é atribuída também a uma entidade hipotética é no mínimo uma leitura não caridosa de Hacking. Qualquer realismo científico (não só o RE) assenta-se numa analogia: a de que uma entidade inobservável, caso exista, é similar em muitos aspectos a entidades observáveis existentes. O que está em jogo não é meramente ter propriedades, pois até objetos fictícios as possuem. O que conta é controlar como um fenômeno ocorrerá com base numa propriedade que se conhece de uma entidade. Parece-me que Elsamahi confunde uma propriedade teoricamente atribuída e uma propriedade experimental. Uma propriedade experimental é aquela que pode ser modificada experimentalmente. Obviamente as propriedades de uma entidade são todas teoricamente atribuídas (aqui faço coro aos críticos do RE, em concordância com Elsamahi), mas algumas dessas propriedades são propriedades que um experimentador pode manipular. A título de exemplificação, ser um meio elástico é uma propriedade atribuída ao éter eletromagnético e a diversos materiais (gases, sólidos, líquidos). A diferença entre, digamos, a elasticidade da água e a do éter está no fato de experimentalmente sermos capazes de fazer uma onda vibrar na água numa velocidade de propagação diferente da de outros meios. Já no caso do éter, mesmo com a construção de experimentos refinados (tal qual o de Michelson-Morley), não se sabe como interagir com tal propriedade. Dessa forma, não é ter uma propriedade P que conta como condição suficiente para o realismo de entidades inferir a existência de duas entidades X e Y. Se P é experimentalmente manipulada em X e não em Y, então há boas razões para inferir a existência de X e razões menos sólidas, meramente teóricas (sucesso preditivo, explicativo, etc.) para Y. Meu posicionamento, como se verá adiante (ver seção 3), é o de as propriedades experimentais são de tal modo

---

<sup>9</sup> Trata-se aqui de uma crítica bastante frequente contra o realismo de entidades: a crítica de incoerência, a saber, a incapacidade de inferir qualquer entidade a partir das propriedades causais sem recurso às teorias que se referem a tais entidades. Concordo aqui com Elsamahi por entender que as teorias desempenham um papel maior do que supõe Hacking. No meu entender elas são responsáveis pela atribuição de propriedades às entidades, algumas das quais capazes de interação causal com nossos detectores. Seriam essas últimas propriedades, entretanto, nossa melhor razão para sustentar a realidade da entidade em questão. Para uma discussão sobre a diferença entre garantia causal e garantia teórica ver Oliveira(2017).

garantidas (garantia causal), que mesmo diante de uma mudança que elimine a entidade X, a propriedade P precisará ser redistribuída para outra entidade. Isso não tira o mérito do ponto já reconhecido: talvez o realismo de Hacking e Cartwright dependa mais de teorias do que pressupõem seus autores.

Voltando ao ponto anterior, se Elsamahi tiver nos convencido de que manipulação de entidades experimentais não pode ser entendida literalmente, a analogia tácita do argumento experimental não se sustenta. O autor ainda sugere que é possível interpretar instrumentalisticamente PEGGY II. Ele o faz através um experimento mental no qual supostamente o elétron seria apenas uma entidade hipotética na qual os cientistas já não acreditavam pelo menos há 10 anos. Segundo Elsamahi, se o elétron fosse hipotético, os resultados do experimento seriam os mesmos, já que as equações e modelos não seriam influenciados pela inexistência da entidade na ontologia assumida. De tal hipótese, o autor conclui que Hacking é arbitrário em inferir existência de entidades manipuladas, pois nada impediria uma descrição instrumentalista das experiências com tais entidades:

Para Hacking, o fóton, diferente do elétron, pertence à classe das entidades hipotéticas. Mas sabemos que as propriedades físicas do fóton, por exemplo, sua velocidade e seu momento, aparecem em muitas equações e modelos da física. O que isso quer dizer é que entidades não têm que ser reais para serem usadas como ingredientes de experimentos científicos. Por que, então, não deveriam entidades hipotéticas ser utilizadas para investigar alguma coisa diferente? (Elsamahi, 1994, p. 177)

Parece-me que Elsamahi não consegue sustentar esse segundo ponto como pretendia. Primeiramente porque há uma diferença muito grande entre entidade hipotética e entidade fictícia. Segundo porque o critério da manipulabilidade de Hacking pode favorecer o reconhecimento de que entidades hipotéticas se tornem entidades experimentais (Hacking sugere que é justamente o que ocorreu aos elétrons). O relato de Hacking propõe que os cientistas já interagiam com elétrons antes de os considerarem reais. Se uma entidade hipotética for manipulada para produzir e estudar novos fenômenos, não haveria uma boa razão para considerar tal entidade real e não mais hipotética? Em resposta à pergunta feita na citação acima, nada impe-

diria o uso de entidades hipotéticas para investigar outras coisas, isso apenas mudaria seu status para entidade experimental e, portanto, não haveria razões para duvidar das mesmas na medida em que são instrumentos de intervenção. Numa leitura mais favorável a Elsamahi, supondo que por entidade hipotética ele queira dizer entidade fictícia, não vejo como o relato do autor põe em risco o critério de Hacking: manipular uma entidade fictícia é de fato uma metáfora, pois o que não existe não pode ser manipulado, o que é trivial. Se o investigador experimental não acredita de fato estar manipulando uma entidade real como isso pode ser problemático para Hacking, uma vez que seu critério para o realismo de entidades não foi cumprido? Isto é, não houve manipulação de entidades ou não se acredita ter havido tal manipulação, logo não há entidade para ser afirmada.

O terceiro ponto a ser observado no artigo de Elsamahi é a ideia de que o realismo de entidades depende mais das teorias do que de experimentos. Acredito, como Elsamahi, que a distinção entre teoria e experimento não deve ser tão radicalmente acentuada. É bom sublinhar que teorias requerem testes e testes como PEGGY II só são possíveis por causa de outras teorias. Dificilmente chegaríamos aqui à conclusão de que um ponto é mais importante do que outro. Enquanto Hacking e Cartwright preferem fazer o peso pender para o experimento, eles não negam a possibilidade de teorias verdadeiras. De acordo com Suárez (2008) críticas semelhantes a essa feita por Elsamahi só atingem uma versão metafísica do realismo experimental e algumas outras versões não defendidas por Hacking e Cartwright.<sup>10</sup> Uma versão falibilista do realismo experimental de cunho epistêmico não teria problemas em afirmar que certos aspectos de uma entidade (as propriedades experimentais) são mais garantidos que outros (puramente atribuídos pelas teorias). As “verdades caseiras” de Hacking não dizem tudo que há para saber de uma entidade e, assim, as teorias que se referem a essas entidades

---

<sup>10</sup> Suárez (2008) acredita que o realismo de entidades poderia ser entendido como um realismo de entidades metafísico ou como um realismo de entidades epistêmico. Na versão metafísica, manipulabilidade é condição suficiente para a existência além de exigir uma justificação intencionalista para assegurar que uma manipulação foi realizada. Já para a versão epistêmica, a manipulabilidade é condição necessária e suficiente para a garantia causal, de modo que é possível estar errado sobre ter manipulado ou não uma entidade e, igualmente, sobre haver ou não tal entidade. De acordo com Suárez o realismo experimental epistêmico não depende do metafísico e, por isso, as críticas que podem ser levantadas contra o último não se aplicam ao primeiro.

possuem um papel a desempenhar, quer Hacking goste disso ou não. O realismo experimental sugerido por Suárez (2008) seria um critério para testar nossa crença em entidades e não para descobri-las.

Por último, Elsamahi supõe que as mudanças científicas proporcionam uma boa razão para não aderir ao realismo de entidades. Segundo o autor, o realismo experimental rejeita uma teoria causal da referência, que por sua vez é de suma importância quando ocorre uma mudança teórica ou progresso científico. Os cientistas podem querer abandonar uma entidade e assumir uma nova, de acordo com o novo arranjo teórico, isto é, os referentes antigos são descartados e novos referentes são considerados reais. Elsamahi se pergunta se um realista de entidades abriria mão de uma entidade obsoleta por uma nova entidade:

E agora os realistas de entidades respondem a tais mudanças na ciência alterando suas decisões ontológicas que estão baseadas em seu critério de manipulabilidade? Em outras palavras, iriam eles revisar o status de uma entidade que já atuara como instrumento investigativo e fora classificada pelo critério de manipulação como real se cientistas, em resposta à mudança teórica, declaram tal entidade obsoleta? Aparentemente, não. (Elsamahi, 1994, p. 178).

Elsamahi está preocupado aqui com a possibilidade de o realista de entidades testar entidades de teorias já abandonadas, ou de se negar a acompanhar os cientistas quando afirmam ter feito um progresso teórico – o realismo de entidades estaria comprometido (de acordo com o autor) apenas com progresso experimental. Duas opções restariam ao realista de entidades, de acordo com o autor: (a) mostrar que existem experimentos não teóricos ou (b) aceitar revisar seu critério. Adicionalmente, o autor pensa que (c) a proposta de Hacking dividiria o progresso científico em significativo (experimental) e insignificante (teórico), razão pela qual Elsamahi pensa que o realismo de entidades seria antiprogressivo.

Como (b) é algo que o realista de entidades recusaria, precisamos ver se (a) ou (c) procedem. Começarei minha análise pelo fim (c): quando o realista de entidades aponta um critério experimental para saber se uma entidade existe, ele não cria nenhuma teoria do progresso científico. Derivar desse critério igualmente um juízo de valor do que importa ou não na pes-

quisa científica me parece excessivo (embora me pareça bastante razoável a exigência de introduzir preferencialmente teorias com entidades que possam ser testadas). Sobre o papel das teorias (a), talvez seja a maior controvérsia da história da filosofia da ciência e dificilmente haveria meios de resolvê-la ou mesmo aprofundá-la aqui. Mas uma pequena observação vale a pena ser feita: uma teoria não precisa ser verdadeira para ter termos genuinamente referentes e nem uma entidade precisa ser real apenas porque a teoria tem poderes explicativos. Há, por exemplo, vários modelos atômicos considerados obsoletos e, entretanto, o termo “átomo” tem persistido nas mudanças teóricas sucessivas. Há igualmente teorias substituídas ao longo da história da ciência que foram capazes de grandes feitos explicativos e preditivos que, apesar do sucesso, propuseram entidades que atualmente são tidos como ficções. Este já era um ponto ressaltado por Laudan (1981) ao elencar uma série de teorias ultrapassadas, mas que em seu tempo obtiveram o tipo de sucesso requerido por realistas acerca de teorias. O artigo de Laudan é provavelmente um dos mais citados quando o assunto é inferir uma *metaindução pessimista*. Isso deve-se ao fato de se o sucesso das teorias obsoletas não foi suficiente para a sua manutenção (assim como a permanência das entidades ali postuladas), então provavelmente o mesmo ocorrerá com as teorias atuais. Mas se esse for um ponto pacífico, uma resposta pode ser dada a Elsamahi: o realista experimental pode sugerir que entidades abandonadas ao longo do progresso científico foram abandonadas justamente porque não era possível utilizá-las adequadamente como ferramentas de pesquisa, ao passo que átomos e elétrons resistem a várias mudanças de modelo porque apresentam propriedades causais que podem ser utilizados para produzir como efeitos alguns fenômenos bem controlados. Isto é, se o realismo de entidades tiver um critério adequado para afirmar a realidade de uma entidade teórica, uma mudança científica precisará incluir tal entidade na nova configuração teórica. Por outro lado, se uma entidade foi abandonada numa sucessão teórica, teríamos três situações possíveis: ou (i) a entidade não podia ser manipulada e assim tornou-se dispensável numa nova descrição da realidade inobservável ou (ii) os cientistas perceberam estar enganados ao supor terem manipulado a entidade dispensada ou ainda (iii) os cientistas erroneamente abriram mão de uma entidade real, isto é, por falta de meios

adequados, uma entidade não pôde ser testada na produção de outros fenômenos e, eventualmente, caiu num esquecimento momentâneo. Talvez a ideia proposta por Elsamahi de que o realismo experimental seja antiprogressivo decorra da possibilidade (iii).

De fato, Elsamahi está certo em sugerir que revisar o critério ou só admitir testar o critério experimental para as teorias que os cientistas atualmente consideram verdadeiras, seria fazer o mesmo que fez Psillos (1996) na estratégia *divide et impera*: haveria uma seleção um tanto arbitrária do que conta ou não para o sucesso científico, com isso fazendo parecer que as ‘peças’ responsáveis pelo sucesso da ciência são matéria de convenção ou, como alegou Chakravartty (2007), que tal estratégia seria uma espécie de racionalização *post-hoc* para acomodar o realismo aos casos de descontinuidade da ciência depois de as mudanças já terem ocorrido.

No caso específico de uma transição teórica em que uma entidade deixa de ser apontada como real, não vejo como alguém poderia legitimamente afirmar que tal entidade foi de fato manipulada ou teve suas propriedades causais experimentalmente testadas e ainda assim que essa entidade seja fictícia. Até onde sabemos, o que não existe não causa nada. Isso, é claro, não exclui a possibilidade de os cientistas estarem enganados (possibilidade [ii]) sobre quando pensam ter manipulado X ou Y, ou descoberto o que causa W. Talvez alguém na realidade faça experimentos com Y quando pensava manipular X ou tenha inferido uma causa falsa a W quando a causa era outra coisa. Mas se algo causou W, esse algo, quer seja X ou Y, ou ainda uma entidade desconhecida, esse ‘algo’ é real.

Acredito que Elsamahi poderia dirigir seu ceticismo não ao critério da manipulabilidade em si, mas ao problema de saber quando o critério foi alcançado. Nesse ponto seria possível enfraquecer o realismo de entidades, ao mostrar que é difícil comprovar que elétrons foram manipulados em PEGGY II ou que algo determinado seja indiscutivelmente uma causa do fenômeno estudado.

Ainda sobre as mudanças científicas, há relatos historicistas como os de Thomas Kuhn (2007) que sugerem que tais transições não são unânimes e que a comunidade de investigadores pode se dividir entre os que aderem ao novo paradigma e os que preferem continuar investigando os problemas

do paradigma anterior. E assim como pode ser um problema mostrar que uma entidade foi realmente manipulada, é bastante complexo mostrar quando há um progresso científico. Qual seria o critério? Aumento da capacidade explicativa, aumento do conhecimento experimental, mais problemas resolvidos, maior adesão de cientistas ou aumento das previsões bem-sucedidas? Autores como Kuhn (2007) e Paul Feyerabend (1970, 1981) defendem que, em muitos casos, há diminuição do conteúdo coberto pelas novas teorias e em outros, fazer comparação de conteúdo é extremamente difícil e mesmo artificial<sup>11</sup>. O próprio Laudan (1977) sugere um critério de progresso em termos de solução de problemas no qual a verdade não tem o menor papel. Ainda que realistas de entidades adotem o critério do aumento do conhecimento experimental em detrimento do aumento do poder explanatório de teorias, isso por si só não faria desse tipo de realismo antiprogressivo a menos que Elsamahi assuma só haver progresso real na subsunção de teorias por leis mais genéricas. Mas aqui o autor não seria menos arbitrário do que os experimentalistas que tenta criticar.<sup>12</sup>

Se até aqui as preocupações de Elsamahi não nos colocaram em posição de abandonar o critério do realismo experimental para a existência de

---

<sup>11</sup> Em Oliveira (2012), pode-se encontrar uma exposição do posicionamento crítico de Feyerabend em relação às noções comuns de progresso científico e os critérios advogados para afirmar que houve tal progresso.

<sup>12</sup> Um parecerista anônimo questiona a escolha dos nomes mencionados neste parágrafo lembrando muito bem que Laudan, Feyerabend e Kuhn não são autoridades absolutas no quesito progresso científico. Não posso discordar uma só linha disso. Minha escolha advém do fato de que mesmo adotando um ponto de vista incomensurabilista (tal qual Feyerabend e Kuhn fizeram, cada um à sua maneira) ou uma teoria não realista do progresso científico (tal como propõe Laudan), existe espaço para as teses do realismo experimental aqui defendido. Lembra tal parecerista que Kitcher (1993) possui uma resposta realista para o problema da indução pessimista. Kitcher procura recuperar a crença numa progressiva aproximação com a verdade quando ocorreu substituição das teorias abandonadas em favor das atuais. Uma interessante estratégia daquele autor seria mostrar razões para uma indução otimista, na qual o progresso crescente nas cadeias de teorias subseqüentes indicariam que possuímos melhores explicações do que as obsoletas que, mesmo se provavelmente forem falsas, serão substituídas por abordagens consideravelmente melhores, permitindo retomar a ideia de que aproxima-se de uma descrição verdadeira da realidade natural. Kitcher sem dúvida tem um argumento favorável ao realismo de teorias em resposta à metaíndução pessimista. Mas é justamente por seu enfoque na recuperação da ideia de verdade aproximada que tal abordagem não soa interessante para um realista experimental. Hacking é bastante cético na capacidade de a ciência dar descrições verdadeiras acerca da realidade (Cartwright até admite descrições verdadeiras no nível fenomenológico, embora creia que nos níveis mais altos as teorias tendem a ser cada vez mais falsas proporcionalmente a quanto elas visam explicar). A ideia é inferir entidades sem necessariamente aderir à crença na verdade da teoria em que tal entidade aparece. Não apelar para os argumentos de Kitcher é, portanto, uma estratégia que torna mais sólida a defesa de que o realismo experimental confronta os problemas das mudanças teóricas sem aderir ao antirrealismo.

entidades teóricas dada a história de substituição de teorias científicas, então podemos passar à seção seguinte, na qual procuraremos mostrar a compatibilidade do realismo de entidades com a *metaindução pessimista*.

#### 4. Entidades abandonadas e manipulabilidade.

Faremos, nesta seção, um breve percurso histórico sobre as entidades da lista de Laudan que ainda ocupam lugar privilegiado no debate atual entre realismo e antirrealismo. Queremos discorrer brevemente sobre o flogisto, o calórico e o éter de modo a avançar nossa tese de que a metaindução pessimista não é um desafio incontornável ao realismo de entidades. O objetivo aqui é mostrar que uma entidade considerada fictícia numa mudança científica se enquadra numa das seguintes possibilidades: (i) não era manipulável nem suas propriedades causais puderam ser estabelecidas experimentalmente ou (ii) os cientistas estavam enganados em pensar ter manipulado tal entidade.

Há uma terceira possibilidade que já mencionamos brevemente sem dar um tratamento adequado: (iii) trata-se de uma entidade real erroneamente abandonada. (iii) é uma possibilidade inspirada pela crítica de Elsamahi que já tematizamos. A princípio não é impossível que uma mudança teórica assuma uma nova ontologia por várias razões teóricas ou pragmáticas e assim exclua-se a crença na realidade de uma entidade legítima. Isso também é possível porque num determinado momento histórico uma entidade hipotética não era passível de tratamento experimental. Num outro momento histórico a mesma entidade pode vir a ser reintroduzida e, se ela for uma ferramenta experimental ou causa mais provável de um novo fenômeno, não haveria razões para duvidar de sua existência. Diante da possibilidade de (iii), talvez seja prudente não identificar entidade abandonada com entidade fictícia. Uma entidade que não possui propriedades causais bem definidas (i) ou a que se atribuem propriedades causais que não lhe pertencem (ii) é, de acordo com o realismo experimental, uma entidade não conhecida (ou meramente hipotética) e não propriamente uma entidade inexistente. Não atentar para tal detalhe é cometer o mesmo erro de Elsamahi. O caso do átomo pode ser considerado um exemplo de (iii): uma entidade que fora proposta por

pré-socráticos como mera hipótese especulativa e desconsiderada por bastante tempo por prudência em não introduzir entidades inobserváveis desnecessárias, mas que se torna experimentalmente fundamental a partir dos estudos de Einstein sobre o movimento browniano e de Perrin sobre a hipótese de Avogadro. Feitas tais considerações sobre (iii), passemos a investigar as outras possibilidades.

Na nossa compreensão, tanto o éter das teorias sobre a luz quanto o calórico enquadram-se em (i) e o flogisto em (ii). O objetivo da minha argumentação a seguir é mostrar como pelo menos o realismo de entidades, dentre as muitas formas de realismo, é consistente com o desafio da descontinuidade histórica de teorias bem-sucedidas.

#### **a) Sobre o insucesso experimental do éter e do calórico.**

A elaboração do conceito de éter parece ter sido exigida por causa de uma preocupação mecanicista contra a noção de ação à distância e, sobretudo, por causa de avanços na descoberta da natureza da luz. A disputa entre a teoria corpuscular de Newton e a teoria ondulatória de Huygens e Hooke viu-se bastante desigual quando, a partir dos trabalhos de Young, Fresnel e Arago, a teoria ondulatória conseguiu explicar todos os fenômenos luminosos conhecidos no início do século XIX, como a difração, a interferência e a polarização. O sucesso explicativo dessa teoria contrastava com inconsistências no modelo corpuscular, embora a ideia de um éter preenchendo o vazio enfrentasse a objeção de que o movimento dos planetas seria obstruído por tal meio. Mas para que a luz apresentasse a natureza inferida pela teoria ondulatória (que até então era muito bem-sucedida tanto na explicação quanto na predição de fenômenos), era preciso sustentar a necessidade de um meio sutil capaz de propagar a vibração luminosa. Assim, o conceito de éter torna-se necessário no contexto explicativo da natureza da luz como vibração transversal. De acordo com Sousa e Brito (2008) o éter cumpriria essa tarefa acessória, ainda que com propriedades contraditórias:

Para explicar o carácter transversal das vibrações era preciso definir o *éter* como um *sólido totalmente rígido*, mas que não podia deixar de ser também *um fluido tão sutil*

*que não oferecia praticamente qualquer resistência ao movimento dos planetas... ou seja esse enigmático meio, precisava de possuir as seguintes propriedades: total imobilidade, rigidez comparável a de um corpo sólido, imponderabilidade, invisibilidade, e simultaneamente não poder ser detectado por qualquer tipo de instrumento...* (Sousa e Brito, 2008, p.59)

Quando em 1873 Maxwell publica as equações que estabelecem para o campo elétrico e para o campo magnético a forma geométrica de onda (a onda eletromagnética), ainda que contestando o modelo de Fresnel, mais uma vez foi preciso admitir a existência de um meio etéreo. Tal foi intitulado *éter luminífero*, que teria o comportamento eletrodinâmico proposto por Maxwell, a saber: infinita rigidez e infinita elasticidade, indivisibilidade e total distribuição pelo universo. Mesmo com a mudança teórica sobre natureza da luz, agora vista como onda eletromagnética e não mais transversal, o éter com suas estranhas propriedades permanecia indispensável.

Isso mudou, entretanto, com a famosa experiência de Michelson e Morley em 1887 para detectar interferências no vento de éter (um produto da rotação da Terra em torno do éter). O interferômetro utilizado era um instrumento bastante preciso, que emitia ondas luminosas em diversas direções diferentes. A ideia era captar tais ondas de volta por um sistema de espelhos e medir suas velocidades que deveriam variar conforme a direção. Um sucesso nesse momento poderia determinar a realidade do éter, mas o mesmo nunca ocorreu, mesmo com repetidas experiências que se sucederam.

O golpe final ao éter ocorreu já no século XX. O efeito fotoelétrico, descoberto no início do século, não era passível de explicação a não ser através da teoria corpuscular. Também a velocidade constante da luz, descoberta acidental de Michelson e Morley, tornou-se um dos postulados da teoria da relatividade, de Einstein, para quem o espaço-tempo tornaria o famoso éter agora dispensável. Numa obra sua em coautoria com Leopold Infeld sobre história da física, o cientista decreta:

Todas as suposições relativas ao éter não conduziram a nada; a experiência vetou-as todas. Olhando para trás vemos que o éter, logo após ter nascido, se tornou o “*enfant terrible*” do clã das substâncias físicas. Primeiramente a construção de uma imagem mecânica do éter revelou-se impossível, sendo abandonada. Isso foi em grande parte a causa do desmoronamento da teoria mecanicista [...]. O

éter não revelou a sua estrutura mecânica nem revelou o movimento absoluto. Nada ficou de todas as propriedades do éter, salvo aquela para que fora inventado: a capacidade de transmitir as ondas electromagnéticas. As tentativas para descobrir as suas propriedades levaram a dificuldades e contradições. Depois desta odisséia, chegou o momento de esquecermos o éter e de nem sequer lhe pronunciarmos mais o nome. Devemos dizer: o espaço tem a propriedade de transmitir ondas, evitando deste modo a enunciação de uma palavra morta. (Einstein e Infeld, 1977, p. 160)

A incapacidade de os cientistas envolvidos com a existência do éter verificarem experimentalmente qualquer das suas propriedades (para além daquelas para cujo propósito ele havia sido postulado) fez da entidade uma hipótese desnecessária na nova descrição física dos fenómenos ligados à luz. Isso, é claro, não significa que não exista um éter até agora indetectável, mas certamente o ceticismo em torno da entidade se justifica por não ser possível interagir causalmente com ela. Também não é impossível que o éter retorne ao debate científico. O historiador da ciência Roberto de Andrade Martins (2005) sugere que seu esquecimento seja mais uma questão filosófica do que científica, pois os resultados empíricos confirmavam tanto a hipótese de Einstein, na época crítico em relação ao éter, quando as de Lorentz e Poincaré, que admitiam a entidade. Ademais, segundo Martins, Einstein parece ter admitido em 1920 a plausibilidade do éter.<sup>13</sup>

O que podemos aprender da história sobre o status ontológico do éter? Primeiramente, a entidade precisou ser postulada para que os fenómenos luminosos se adequassem aos fenómenos ondulatórios. Foi pelo sucesso explicativo das teorias que demandavam a existência do éter que tantos cientistas permaneceram apegados à entidade. Segundo, que o sucesso explicativo somente não é suficiente para a indispensabilidade de uma entidade atrelada a tal explicação: tão logo surja uma teoria bem-sucedida que prescindida da entidade, alguns cientistas considerarão a entidade uma ficção útil até aquele momento do desenvolvimento científico. Por último, muitos cientistas podem, como Lorentz e Poincaré, continuar acreditando que o éter é real e nada impede que um dia seja possível demonstrar sua realidade pela manipulação experimental de suas propriedades.

---

<sup>13</sup> A citação de Einstein através da qual o historiador entende que o éter se mantém como possibilidade pode ser lida em Martins, 2005, p. 23.

Aqui a metaindução pessimista não nos pareceu ameaçar o critério epistêmico do realismo de entidades. Minha interpretação diverge parcialmente da de Gross (1990) para e quem o éter tinha propriedades causais bem definidas, mas que em virtude do fracasso das experiências com o interferômetro sofreu uma redistribuição de suas propriedades na nova teoria. De acordo com Gross, o elétron pode vir a sofrer do mesmo destino do éter e a metaindução pessimista valerá também para ele:

Quando uma velha teoria é descartada, suas entidades podem ser descartadas com ela; se for o caso, então aquelas suas propriedades causais compreendidas pela nova teoria serão redistribuídas de acordo com aquela teoria. Algum destino similar pode bem ser esperado pelo elétron em alguma ciência futura, seu spin, massa e carga reinterpretados e reatribuídos através de uma nova ontologia. (Gross, 1990, p. 426)

Minha discordância está nas diferenças experimentais entre as propriedades causais do éter e as do elétron. O éter tinha as propriedades necessárias para que uma teoria bem-sucedida (até então) sobre a natureza da luz pudesse ser melhor desenvolvida ou mesmo tivesse crédito explicativo. Mas tais propriedades nunca puderam ser testadas ou manipuladas, como exigiria o realista de entidades. Hacking (1983), a quem Gross dirigiu sua crítica, talvez seja bastante radical ao dizer que o conceito de éter e o de flogisto teriam extensão nula. No meu entender o éter poderia vir a ser reintroduzido se novas descobertas experimentais tornassem suas propriedades causais manipuláveis (discutiremos o flogisto mais adiante). Mas o fato é que tais propriedades causais foram apenas atribuídas pelas teorias e nenhum fenômeno controlado foi produzido pelo éter até hoje. Egg (2012) sustenta que uma inferência causal depende, dentre outras coisas, de sabermos o que significa modificar uma propriedade. Não sabemos como modificar as propriedades do éter e isso significa que não temos um relato causal legítimo quando tratamos da entidade (mesmo que a teoria lhe atribua propriedades causais). Ainda assim, creio, como Suárez (2008) que o critério do RE seja falível, tal como propus em Oliveira (2017). Sendo falível, é plenamente possível para um experimentalista manipular as propriedades de uma entidade diferente da entidade que ele supunha inicialmente. O ponto é justamente que tais propriedades não parecem ser dispensáveis, precisando ser redistribuí-

buídas (sem que isso seja de fato um grande problema para o realismo experimental). Ora, se houver uma explicação causal alternativa (ferindo a não redundância exigida por Cartwright), a garantia causal que até então permitia inferir a existência daquela entidade é rebaixada à garantia teórica. Esta última está sujeita aos problemas já conhecidos das inferências a favor da melhor explicação. Tais transições teóricas ao longo da história seriam, quando muito, tão problemáticas quanto são para o realismo de teorias, embora a permanência das propriedades causais em rearranjos posteriores parecem favorecer o realismo experimental, servindo de garantia para nova entidade inferida dos experimentos.

O elétron é outro caso. Mesmo com vários modelos diferentes e até inconsistentes, algumas propriedades do elétron são bem conhecidas porque podemos controlá-las (talvez por isso não se modificam drasticamente em novos arranjos teóricos ainda que a natureza do elétron mude radicalmente de teoria para teoria). Também sabemos o que ocorre quando elétrons são experimentalmente manipulados. Não se trata, portanto, de saber o que as teorias dizem sobre uma entidade, mas de controle ou, para usar o termo de Hacking, de intervenção nos fenômenos. Simplesmente não foi possível intervir em fenômenos experimentais utilizando o éter. Uma explicação causal do tipo proposto por Cartwright (1983) não ocorre porque o requisito de não redundância não foi alcançado aqui. O éter teve sucesso apenas na explicação teórica e não na explicação causal. Uma mudança teórica sobre o elétron parece não ser problemática para Cartwright ou Hacking pois teoria nenhuma pode abrir mão de propriedades causais experimentalmente confirmadas. Isto é, ainda que uma nova teoria venha a substituir o atual modelo de elétron, suas propriedades causais seriam “verdades caseiras” (como pensa Hacking) e precisariam compor a nova teoria.

O éter, portanto, não é um problema sério ao realismo experimental, mesmo quando as teorias que o introduziram tenham tido sucesso explicativo. Sucesso, aliás, que não impõe ao realista de entidades nenhuma necessidade de admitir toda a ontologia da nova teoria. Isso porque o compromisso do realista de entidades é com as leis fenomenológicas e com causas prováveis e não com leis fundamentais e a melhor explicação teórica.

Algo similar pode ser pensado sobre o calórico. É mais uma hipótese de entidade com propriedades indetectáveis. Lavoisier, que fora crucial na eliminação da teoria do flogisto em favor de uma explicação da combustão em termos de combinação entre uma substância inflamável e o oxigênio, não foi tão feliz em relação à explicação sobre o calor. O francês incluiu entre os elementos químicos de sua tabela periódica uma substância fluida chamada “calórico”, que seria responsável pelos fenômenos relacionados ao calor. A experiência demonstrava que corpos aquecidos não tinham sua massa alterada e, para que isso estivesse em consonância com o princípio de conservação mecanicista, atribuiu-se ao calórico a propriedade de imponderabilidade. A hipótese permaneceu diante do sucesso em explicar a expansão e compressão do calor adiabático, incluindo o sucesso experimental no cálculo da velocidade do som sugerido por Laplace, que mais tarde revelar-se-ia um uso indevido da teoria em outro campo não relacionado. De acordo com Kuhn, na reformulação teórica de Laplace, o calórico radiante era

um fluido ocupante de espaço altamente atenuado que mantinha constante equilíbrio com o limite das atmosferas de calórico de moléculas individuais por radiação e absorção contínuas (Kuhn, 1958, p. 139).

Muitos fenômenos puderam ser explicados através da hipótese do calórico. O historiador da ciência cita alguns sucessos derivados de hipóteses assumidas por Poisson, a saber, de que o conteúdo do calor depende exclusivamente da densidade e da pressão e que haveria uma proporcionalidade entre calórico e o volume:

Dessa simples premissa do calórico, ele foi capaz de derivar os valores de Laplace para a velocidade do som, bem como toda uma bateria de relações que governam pressão, volume e temperatura durante uma transformação adiabática. Invocando a hipótese posterior de que numa pressão fixada o conteúdo de calórico é proporcional ao volume, Poisson foi capaz de derivar fórmulas explícitas para a dependência de capacidade de calor sob pressão. A este ponto, a teoria do calórico estava se mostrando de fato um poderoso instrumento! (Kuhn, 1958, p. 139)

De modo semelhante ao éter, o calórico só se sustentou por causa do sucesso explicativo da teoria. Mas ao contrário do meio invisível capaz de transmitir a luz, a hipótese do calórico já despertava desconfianças mesmo

em cientistas que testavam suas consequências empíricas. Sousa e Brito (2008) faz referência a uma *memória* apresentada por Lavoisier e Laplace já em 1783 mencionando partidização dos físicos sobre a natureza do calor como fluido penetrante às substâncias ou como resultado da agitação das partículas que constituem a matéria. De acordo com o relato daqueles dois cientistas, ambas as teorias poderiam ser confirmadas. Kuhn (1958) ressaltou que no século XIX não havia meios eficazes de falsificar a teoria. Ademais, a natureza veloz da expansão e compressão adiabática aliada aos tipos de instrumentos de mensuração disponíveis à época tornavam difícil abandonar a hipótese que oferecia muitas vantagens. Somente com os trabalhos de Clausius, na metade do século XIX, é que foi possível dispensar o calórico como desnecessário no reconhecimento de que calor e trabalho estavam relacionados à conservação de energia num sistema isolado. Vale lembrar também que uma teoria alternativa, a teoria cinética dos gases, também dependia de entidades àquele momento ainda hipotéticas ou para as quais não havia maiores indícios experimentais para além do sucesso explicativo.

Mais uma vez, a entidade em questão não poderia ser manipulada ou ter suas propriedades causais testadas experimentalmente. E o sucesso momentâneo da teoria, sozinho, não foi razão suficiente para manter o calórico. Diferentemente dos átomos da teoria cinética, que atualmente preenchem o requisito experimental do realismo de entidades, tornando-se indispensáveis numa eventual mudança teórica, o calórico estava atrelado às teorias que o postulavam e o propósito explicativo e sucesso preditivo daquelas. Tão logo foi possível uma nova teoria substituir a do calórico sem o compromisso com tal entidade, abandoná-la não foi tão difícil. Com esse relato fica claro que mesmo o realismo teórico com seu critério de novas previsões tampouco é suficiente para barrar a metaindução pessimista. O realismo experimental, entretanto, não é confrontado pelas entidades abandonadas citadas por Laudan.

**b) É possível que o flogisto tenha sido manipulado experimentalmente?**

Diferentemente do éter (seja o da teoria ondulatória quanto o da eletromagnética) e do calórico das primeiras formulações da termodinâmica,

pode ocorrer de relatos historiográficos sustentarem que houve manipulação experimental do flogisto, substância supostamente responsável pelos fenômenos de combustão e que mais tarde seria substituído pelo elemento químico oxigênio. É muito mais complicado afirmar categoricamente que o flogisto não existiu ou não foi manipulado experimentalmente do que afirmar a inexistência do éter, por exemplo. Isso porque a teoria do flogisto sofreu a concorrência de uma teoria química que criou uma nova nomenclatura para os elementos da natureza, incorrendo no que Kuhn (2007) propôs chamar de “revolução química”, isto é, uma quebra de paradigma que tornava a nova linguagem proposta por Lavoisier parcialmente ininteligível para os mais fiéis partidários da teoria do flogisto:

O que Lavoisier anunciou em seus trabalhos posteriores a 1777 não foi tanto a descoberta do oxigênio. Essa teoria foi a pedra angular de uma reformulação tão ampla na química que veio a se chamar Revolução Química. [...] O trabalho sobre o oxigênio deu forma e estrutura mais precisa à impressão anterior de Lavoisier de que havia algo errado com a teoria química corrente: a natureza da substância que a combustão subtrai da atmosfera. Essa consciência prévia das dificuldades deve ter sido uma parte significativa daquilo que permitiu a Lavoisier ver nas experiências semelhantes às de Priestley um gás que o próprio Priestley fora incapaz de perceber. Inversamente, o fato de que era necessária uma revisão importante no paradigma para que se pudesse ver o que Lavoisier vira, deve ter sido a razão principal para Priestley ter permanecido, até o fim de sua vida, incapaz de vê-lo. (Kuhn, 2007, pp.82-83)

De fato, a teoria do flogisto remonta a um período em que a conceitos da alquimia ainda exerciam influência na elaboração de teorias científicas. O médico e químico alemão Georg Stahl (1660-1734) é bastante citado como o criador da teoria do flogisto, mas há registros de que antes de Stahl já houvesse menção à teoria no livro *Physica Subterrânea* do alquimista Johann Joaquim Becher, também alemão. Stahl, apropriando-se do conceito de Becher, proporia que a combustão resultava do desprendimento de flogisto do material inflamável. Sem a presença da entidade, o material deixaria de arder (como ocorre com as cinzas). Por outro lado, se aquecida, a cinza ganharia flogisto e tornaria a queimar e os metais se regenerariam ao serem colocados no fogo (os teóricos pensavam que o flogisto combinado com a

cal formava o metal). Percebendo que o ar se fazia necessário para a ocorrência da combustão, os pesquisadores trataram de explicar ausência de combustão pela saturação de flogisto no ar. Assim, uma vela num recipiente fechado teria a chama apagada por causa dessa saturação. Como muitos aspectos dos fenômenos ligados à combustão e à calcinação eram explicados pela teoria, seus adeptos consideravam suas virtudes explicativas mais vantajosas do que as dificuldades empíricas que ela enfrentava: enquanto as cinzas eram menos pesadas que o material antes da combustão, o metal seria mais leve que o composto resultante da calcinação. Chegou-se até a cogitar um valor negativo para a massa do flogisto e, embora a entidade sofresse desse tipo de inconsistência, vários estudiosos (Cavendish, Rutherford, e Priestley, por exemplo) atribuíram aos elementos químicos por eles descobertos algumas propriedades (e nomes) relacionadas à teoria: exemplos são o *ar flogisticado* (azoto ou nosso atual nitrogênio) e o *ar desflogisticado* (mais tarde identificado como oxigênio).

As descobertas de Lavoisier indicaram que muitas das substâncias consideradas elementares, eram na verdade compostas (o mesmo valendo para o inverso: substâncias compostas mostraram-se na verdade elementos químicos puros) e que a suposta adição de flogisto era, na verdade, efetiva retirada de oxigênio. A nova teoria explicava a combustão e a calcinação e era compatível com as medições das massas feitas em sistemas isolados. Além de tudo, a teoria de Lavoisier inaugurou um novo modo de entender a química, com uma nova nomenclatura até hoje aceita.

No que tange o realismo de entidades, a pergunta que fizemos no início do tópico é a seguinte: o flogisto fora manipulado? É uma pergunta pertinente, já que uma resposta afirmativa nos coloca em posição complicada ao defender que tal realismo não é ameaçado pela metaindução pessimista. Tentarei dar uma resposta por partes, assumindo que há interpretações diferentes sobre a natureza do flogisto a partir do ponto de vista historiográfico que se assuma.

Numa perspectiva mais simples a resposta negativa é óbvia: as dificuldades experimentais enfrentadas pela teoria do flogisto acompanhadas pelo sucesso experimental e explicativo da teoria do oxigênio deixam claro que o termo flogisto tem por extensão um conjunto vazio ou, no mínimo,

que podemos duvidar de sua existência. Aqui considerar-se-ia que a entidade responsável pelas propriedades causais atribuídas ao ar deflogisticado era, na realidade o oxigênio. O oxigênio fora manipulado enquanto os cientistas ignoravam tal fato. Nessa mesma perspectiva, é possível sugerir que o oxigênio era combinado quando se pensava estar liberando flogisto e era liberado quando se pensava estar adicionando a entidade. É, entretanto, uma resposta muito comprometida em afirmar o realismo de entidades tal como proposto por Hacking.

Outra resposta, no entanto, é possível mesmo numa perspectiva mais aproximada à de Cartwright (1983). Mauricio Suárez (2008), ao desenvolver o realismo experimental de Cartwright mostraria como o flogisto conta a favor do requisito proposto pela filósofa inglesa. Para ele a exigência de não redundância teria sido essencial para o abandono da entidade:

Nós já tivemos, indiscutivelmente, garantia causal para o flogisto, mas não temos mais. A explicação da combustão é hoje encontrada na interação do oxigênio com materiais inflamáveis – e adquirimos abundante garantia causal em favor do oxigênio e seu papel na combustão. Então o que nós temos aqui, indiscutivelmente, é um caso de garantia causal para a existência de uma entidade (flogisto), e seu papel na combustão, que foi derrubado pela garantia causal para outra entidade (oxigênio). Estamos convencidos de que éramos capazes de manipular o flogisto, e com base nisso descartamos qualquer explicação concorrente da combustão; mas desde então aprendemos que o que éramos capazes de manipular, na verdade, era o oxigênio, o que mostramos por meios experimentais estar envolvido em nossa explicação atual e não redundante da combustão. (Suárez, 2008, p.156)

A interpretação de Suárez é de que inferir pela causa mais provável não é admitir um critério infalível, no sentido de seja impossível atribuir uma causa errônea a um fenômeno conhecido. Uma vez que uma nova explicação causal surgiu, o requisito de não-redundância (proposto por Cartwright como razão para a inferência causal ser um guia para a verdade contrariamente à inferência para a melhor explicação) exige que se reconheça apenas uma delas como verdadeira. Assim, Priestley tinha boas razões para crer que o flogisto existe, como hoje temos razões melhores ainda para crer que os fenômenos anteriormente atribuídos ao flogisto são produzidos pelo oxigênio. De acordo com Suárez, a garantia causal, embora seja robusta

é falível. Somente numa interpretação internalista (e insustentável) do realismo experimental é que alguém poderia afirmar que “X é real se eu acreditar ter manipulado X”. O que parece óbvio para Suárez é que esse tipo de interpretação internalista do realismo experimental não é de fato o que defendiam Hacking e Cartwright (a autora escolhe utilizar a expressão "inferência a favor da causa mais *provável*" onde o termo 'provável' indica poder tratar-se de um erro). Se admitirmos que podemos estar enganados ao pensar ter manipulado o flogisto ou tivermos manipulado o oxigênio pensando ter produzido fenômenos com o ar deflogisticado, então temos mais um relato que não põe em risco o critério epistêmico do realismo experimental.

\* \* \*

Sumarizando minha apreciação ao texto de Elsamahi, tenho acordo com o autor quando sugere que o realismo de entidades depende mais de teorias do que sugere Hacking. Este é um ponto que exige um novo olhar para os realismos derivados dali, que aqui chamei genericamente de realismo experimental. Podemos concordar com Elsamahi de que teorias desempenham importante papel heurístico para o realismo científico. Elas o fazem não só ao exibir poder explanatório, mas também ao postular entidades que precisam conter determinadas propriedades. Dentre tais propriedades, haveria aquelas que somos capazes de manipular experimentalmente, adquirindo maior garantia (garantia causal) para a inferência de que aquela entidade existe. A garantia causal nos permite ao menos ter a convicção de que há alguma entidade responsável pelas propriedades que conseguimos modificar experimentalmente. A aposta mais razoável é de que uma única entidade reúne aquelas propriedades experimentais e talvez contenha as demais propriedades (não causais, não manipuláveis até então) que a teoria lhe atribui. Sobre essas últimas, seria razoável supô-las nas entidades inferidas apenas na medida do sucesso preditivo e explicativo da teoria em questão. Trata-se de uma garantia menos robusta e mais sujeita a modificações que acompanhem mudanças teóricas. Neste sentido, um realismo experimental ainda possui um papel importante para as teorias, dentre os quais o de propor entidades. O realismo experimental possui um critério para justificar a suposição de uma entidade, mas não para descobri-la.

Elsamahi, entretanto, não consegue mostrar de que modo um realismo modesto como o de entidades seria antiprogressivo. A afirmação soou-nos gratuita e infundada na obra de Hacking. Ao que parece, Elsamahi tinha em mente uma espécie de internalismo segundo o qual alguém estar seguro de que manipulou X é condição suficiente para existir X. A analogia tácita que ele menciona tende a confirmar minha suspeita. Há margem para tal interpretação, mas parece um realismo muito forte e insustentável. A ideia do realismo experimental afigura-se muito mais fraca: a de que temos entidades sobre as quais estamos mais justificados em inferir do que outras devido ao conhecimento experimental de suas propriedades. Meu entendimento é que o realismo experimental é um critério epistêmico: A manipulação de X é condição suficiente para a garantia causal de X. Essa garantia estaria assegurada apenas na medida em que não há redundância, quando sabe-se como modificar uma propriedade de X e quando houver adequação empírica. Falando uma daquelas condições, perderíamos a garantia causal e admitiríamos apenas garantia teórica. Neste sentido, é possível falhar, como argumentamos, ao inferir uma entidade como causa de um conjunto de fenômenos. A própria concorrência de entidades teóricas como candidatas a figurar como causa de um determinado fenômeno pode diminuir a robustez da garantia de que uma entidade existe. Mas isso parece bem pacífico no seio do realismo experimental. E mesmo mudanças teóricas não seriam capazes de fazer parecer que o critério da manipulabilidade seja ruim para inferir entidades.

Se fomos até agora bem-sucedidos em nossa argumentação, o realismo de entidades confere boas razões para crer em determinadas entidades teóricas. Ao se fiar num critério experimental, o realismo de entidades se aproxima do empirismo construtivo para o qual a adequação empírica é condição *sine qua non* de qualquer relato científico. Mas ao propor um critério que admite o conhecimento de entidades não visíveis a olho nu, Hacking e Cartwright também avançam um realismo “modesto”. O realismo de entidades parece não ter grandes problemas com uma história de sucessivas mudanças teóricas e abandono de entidades propostas por tais teorias. O foco na manipulabilidade e no conhecimento experimental de propriedades causais confere, para o realista experimental, uma probabilidade grande de acre-

ditar em entidades reais e suspender o juízo corretamente sobre entidades que poderão vir a ser substituídas ou excluídas em transições teóricas futuras.

*Recebido em 15/05/2023*

*Aprovado em 28/08/2023*

## REFERÊNCIAS

- CARMAN, C. "Realismo científico" se dice de muchas maneras, al menos de 1111: una elucidación del término "realismo científico". *Scientiae Studia*, 3(1), 43-64, 2005.
- CARTWRIGHT, Nancy. *How the Laws of Physics Lie*. New York: Oxford University Press, 1983.
- CHAKRAVARTTY, Anjan. *A Metaphysics for Scientific Realism: Knowing the Unobservable*. Cambridge University Press, p. 48, 2007.
- EGG, Matthias. Causal Warrant for Realism about Particle Physics. *Journal for General Philosophy of Science / Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaftstheorie* 43 (2):259-280, 2012.
- EINSTEIN, Albert & INFELD, Leopold. *A evolução da física: o desenvolvimento das ideias desde os primitivos conceitos até à Relatividade e aos Quanta*. Trad. Monteiro Lobato. Companhia Editora Nacional. 1977.
- ELSAMAHI, Mohamed. Could Theoretical Entities Save Realism? In David & Richard Hull & Burian (ed.), *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. 173 – 180, 1994.
- FEYERABEND, Paul. Consolations for the Specialist. In: Imre Lakatos & Alan Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge [Eng]: Cambridge University Press. 1970.
- FEYERABEND, Paul. *Realism, Rationalism, and Scientific Method*. Cambridge: Cambridge University Press. 1981.
- GROSS, Alan G. Reinventing Certainty: The Significance of Ian Hacking's Realism. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* 1990:421 – 431. 1990.
- HACKING, Ian. Experimentation and scientific realism. In: Leplin, J. (ed.) (1984). *Scientific Realism*. Berkeley: University of California Press, 1984.
- HACKING, Ian. *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

KITCHER, Philip. *The advancement of science: science without legend, objectivity without illusions*. New York: Oxford University Press, 1993.

KUHN, Thomas. The Caloric Theory of Adiabatic Compression. *Isis: A Journal of the History of Science* 49:132-140, 1958.

KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 9. ed. São Paulo: Perspectiva. (Coleção Debates 115). 2007.

LAUDAN, L.. *Progress and its Problems: Toward a Theory of Scientific Growth*. University of California Press. 1977.

LAUDAN, Larry. A confutation of convergent realism. *Philosophy of Science* 48 (1):19-49, 1981.

LIPTON, Peter. *Inference to the Best Explanation*. London and New York: Routledge. 1991.

LYONS, Timothy D. Scientific Realism and the Pessimistic Meta-Modus Tollens. In Steve Clarke & Timothy D. Lyons (eds.), *Recent Themes in the Philosophy of Science: Scientific Realism and Commonsense*. Dordrecht: Springer. pp. 63-90. 2002.

MARTINS, Roberto de A. A dinâmica relativista antes de Einstein. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v.27. n.1 pp.11-26, 2005.

MAXWELL, Grover. The ontological status of theoretical entities. In Herbert Feigl & Grover Maxwell (eds.), *Scientific Explanation, Space, and Time: Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. University of Minnesota Press 181-192. 1962.

OLIVEIRA, T. Feyerabend e a crítica às condições empiristas de redução interteórica. *Kínesis*, Vol. IV, nº 08, 2012, p. 123-134. Disponível em Acesso em 04 de julho de 2020.

OLIVEIRA, T. Algumas razões para levar a sério a metaindução pessimista. *Principia: an international journal of epistemology*, 18(2), 269-290, 2014. doi: <https://doi.org/10.5007/1808-1711.2014v18n2p269>

OLIVEIRA, T. L. T. “Uma solução Baseada No Realismo Experimental Para Dois Argumentos Pessimistas”. *Veritas (Porto Alegre)* 62 (3):595-623, 2017. <https://doi.org/10.15448/1984-6746.2017.3.28684>.

OLIVEIRA, T. L. T. Uma proposta em dois passos para reabilitar o realismo experimental. *Kriterion*, v. 60, p. 727-748, 2019.

PSILLOS, Stathis. Scientific realism and the 'pessimistic induction'. *Philosophy of Science* 63 (3):314, 1996.

PUTNAM, Hilary. *Mathematics, Matter and Method*. New York: Cambridge University Press, 1975.

SOUSA E BRITO, Armando A. “Flogisto”, “Calórico” & “Éter”. *Ciência & Tecnologia dos Materiais*. Vol. 20, n. 3/4 pp. 51- 63, 2008.

SUÁREZ, Mauricio. Experimental realism reconsidered: How inference to the most likely cause might be sound. In: Nancy Cartwright, Stephan Hartmann, Carl Hoefer & Luc Bovens (eds.), *Nancy Cartwright's Philosophy of Science*. Routledge 137-163, 2008.

VAN FRAASSEN, Bas C. *The Scientific Image*. New York: Oxford University Press. 1980.

VICKERS, Peter. A Confrontation of Convergent Realism. *Philosophy of Science* 80 (2):189-211, 2013.



Esta obra está licenciada com uma Licença  
[Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).