



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPES – LATINDEX
Nº. 27 – Ano XIII – 05/2025
<https://doi.org/10.70597/vozes.v12i27.727>

O sonho de uma teoria final. A ciência em crise?

Rosane Maria Mota
Doutoranda em Filosofia no Programa de Pós-graduação em Filosofia pela
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC - Brasil
Técnica Universitária de Desenvolvimento da Universidade do Estado de Santa
Catarina – UDESC - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0058915187351135>
E-mail: rosane.mota@udesc.br

Resumo: Breve discussão sobre a ciência e a ideia de progresso do conhecimento realizada no contexto de estudos sobre Realismo Científico, em disciplina curricular do programa de pós-graduação. Uma introdução ao tema discutido é apresentada na primeira seção. Nas seções II e III são apresentadas algumas perspectivas acerca da existência ou não de limites para o avanço do conhecimento científico, no campo teórico que possibilitem ainda revoluções do pensamento. As seções IV e V apresentam discussões sobre a utilização de argumentos não-empíricos, noção de verdade e os conceitos de beleza e inevitabilidade como critérios a serem avaliados para os desafios da adoção de nova perspectiva de atividade científica, numa proposta de redefinição acerca da avaliação e validação de novas teorias. A seção VI traz as considerações frente as possibilidades e desafios para a ciência contemporânea de se manter relevante como modelo de objetividade, na busca por conhecimento.

Palavras-chave: Progresso. Ciência. Limite. Verdade. Conhecimento

Introdução

As ideias e avanços da ciência fascinam e intrigam os humanos no seu processo de desenvolvimento desde que se “abriram” para questionar sobre si mesmos e sobre o mundo. Ao longo do tempo a própria ciência tem sido objeto de questionamento sobre a sua capacidade de fornecer todas as respostas. Nesse artigo são apresentadas análises e avaliações de cientistas e pensadores da ciência que se debruçaram sobre o assunto acerca da existência ou não de limites para o conhecimento científico, especialmente no campo da física. As razões que para alguns tornaram a física teórica um campo meramente especulativo, em que a proposição de teorias estaria mais próxima da crítica literária do que do conhecimento científico. Muitas dessas teorias permanecem como formulações matemáticas sem qualquer possibilidade de ser comprovadas no teste empírico. É o caso da teoria das cordas que representa um novo papel na crise que a ciência empírica se encontra, quando seus defensores reivindicam reformulações dos métodos da ciência para acomodar teorias que não podem ser testadas, mas cuja verdade seria inevitável aceitar com base na sua beleza e simplicidade. A comprovação empírica é um critério caro a ciência contemporânea, que consequências traria ao conhecimento a transposição desse limite é o que será um limite não muito fácil de se transpor, pois tem sido o fundamento e o sucesso da ciência até o presente.

Possibilidades e limites

Dentre os diferentes tipos de conhecimento, o científico se estabeleceu como o de maior aceitação. Seus métodos proporcionaram grande avanço na compreensão das leis da natureza desde sua origem com os gregos, passando pelas grandes revoluções promovidas pelas descobertas de Galileu, Newton, Einstein e Crick. Desde então, a ciência e o conhecimento científico avançam transformando o pensamento e a forma de compreender os fenômenos naturais e suas correlações. Segundo Dutra (2009, p. 71), uma concepção de progresso cumulativo da ciência desde Kant e Descartes consiste na aquisição contínua de conhecimento, em que “fazer o conhecimento progredir é completar o sistema e articulá-lo com outros, que dizem respeito a outras áreas de investigação”. Então, pode não ser contraditório pensar que

o conhecimento alcançado e o estabelecimento de seus princípios, em bases cada vez mais sólidas também represente um tipo de limite, em que as grandes revoluções ficam na história.

Em *O fim da ciência*, Horgan (1998) aponta para a possibilidade de que o conhecimento científico não seja mais capaz de revolucionar o pensamento, no sentido de que a ciência em sua forma mais pura, a busca humana primordial de compreender o universo e o seu lugar nele, esteja próxima do fim. As pesquisas podem estar limitadas a contribuir com acréscimos e resultados menores. Para Horgan (1998, p. 16-17) os avanços científicos impõem limites ao seu próprio poder de avançar quando, 1) a teoria da Relatividade Especial de Einstein proíbe a transmissão de matéria ou de informações a velocidades mais rápidas que a da luz, 2) o conhecimento da microrrealidade com a Mecânica Quântica dá sinais de que será sempre incerto, 3) a Teoria do Caos confirma a previsão de que muitos fenômenos seriam impossíveis sem a indeterminação quântica, 4) o Teorema da Incompletude de Gödel nega a possibilidade de se construir uma descrição matemática completa e consistente da realidade e 5) a Biologia da Evolução mostra que humanos são animais destinados pela seleção natural a se reproduzir e não a descobrir verdades profundas da natureza.

Os cientistas e pensadores da ciência transparecem certa inquietude frente ao futuro. Horgan (1998, p. 17) compara esse estado de ânimo ao caráter trágico e retardatário dos poetas modernos, descritos por Harold Bloom no ensaio, *A angústia da influência*, em sua vã tentativa de se definirem em relação a Shakespeare, mas sem qualquer esperança de se aproximarem da perfeição de seus antepassados. No caso dos cientistas, segundo Horgan (1998, p. 18), a tarefa é ainda mais árdua, pois diferentemente dos poetas, precisam encarar além da beleza das teorias, o fato de que elas são empiricamente verdadeiras. Similarmente aos poetas de Bloom, que aceitam a perfeição de seus predecessores e lutam para transcendê-los, os cientistas buscam erroneamente interpretar e transcender as Leis do Movimento de Newton, a Teoria da Seleção Natural de Darwin e da Relatividade Geral de Einstein. Então, o que restaria aos cientistas é explorar a ciência de modo especulativo e pós-empírico, semelhante ao que se faz na crítica literária, uma forma de *ciência irônica*, que não converge para a verdade, não é capaz de apresentar surpresas verificáveis empiricamente, que implique em revisões substanciais na descrição básica da

realidade. Nessa nova perspectiva, a era das grandes revoluções cede lugar a um período pós-empírico da ciência.

No entanto, essa é uma suposição contrária ao senso comum e Horgan (1998, p. 22) lembra que a maioria das pessoas considera absurda a ideia de que a ciência possa ter um fim. E como poderia depois tantos progressos e tão rápido desenvolvimento durante todo um século? Mas o progresso alcançado pela ciência, tendo em vista certos limites físicos, sociais e cognitivos, que restringem a pesquisa futura, segundo Horgan (1998, p. 30), coloca em dúvida a possibilidade de que a ciência consiga fazer acréscimos significativos ao conhecimento estabelecido.

O historiador Oswald Spengler, segundo Horgan, (1998, p. 38), foi o primeiro a profetizar o fim da ciência. Na obra, *O declínio do Ocidente*, publicado em 1918, Spengler afirma que a ciência avança ciclicamente. Períodos românticos de investigação da natureza e invenção de novas teorias cedem lugar aos períodos de consolidação, nos quais o conhecimento científico se fossiliza. Uma visão otimista, tendo em vista que uma perspectiva cíclica de avanço traz a possibilidade de novos períodos de descoberta. Em oposição a visão de Spengler, Horgan (1998, p. 38), defende uma perspectiva linear para o progresso da ciência, e argumenta que descobertas como a tabela periódica, a expansão do universo ou a estrutura do DNA podem ser descobertas apenas uma vez. É possível perceber na perspectiva defendida por Horgan (1998) uma certa afiliação a abordagem de estrutura de ciência defendida por Thomas Kuhn.

Defensor da tese de que a ciência pode estar próxima do fim, Stent (1992, p. 77) fala da existência de certos limites que se tornam evidentes conforme a ciência avança, decorrentes de fatores internos e externos:

Econômicos: *a pesquisa tem se tornado cada vez mais dispendiosas e as nações industrializadas ficam incapacitadas de aumentar indefinidamente a fração de seu produto interno bruto para gastos com o financiamento da ciência;*

Físicos: *determinados pela própria teoria, como a velocidade máxima da luz ou a energia cinética, em que as partículas elementares podem ser aceleradas, cujo “limite”, em princípio, restringe o estudo do universo e da matéria;*

Social e político: *com origem no movimento de anticiência nas nações industrializadas, seguido do movimento de direito dos animais.*

No curso do desenvolvimento científico no século XX, Stent (1992, p. 87) defende que a ciência começou também a se deparar com a existência de limites cognitivos capazes de tornar a ciência do futuro diferente da ciência do passado:

Semântico: *associado ao domínio dimensional que se encontra além de nossa experiência direta;*

Estrutural: *que emerge do caráter estatístico e impenetrável de muitos dos fenômenos até agora não explicados;*

Subjetivo: *decorrente do inevitável recurso ao pré-entendimento subjetivo na interpretação de fenômenos altamente complexos.*

Os empiristas do final do século XVII e início do século XVIII, segundo Stent (1992, p. 77) acreditavam que a mente nasce em estado limpo e nela gradualmente uma imagem do mundo é esquematizada; desenhada pelas experiências cumulativas dispostas ou estruturadas, por causa do princípio do raciocínio indutivo, em que se pode reconhecer características regulares da experiência e inferir conexões causais entre eventos que ocorrem juntos repetidamente. Mas a teoria empirista do conhecimento tem uma falha, segundo Stent (1992, p. 78) apontada por Hume que afirma não ser possível inferir da experiência nem ser demonstrada logicamente a validade do raciocínio indutivo. Uma vez que o raciocínio indutivo e a crença nas conexões causais entre eventos são evidente e intuitivamente trazidos à experiência.

Tempos depois Kant mostraria que a doutrina empirista da experiência como origem única do conhecimento deriva de um entendimento inadequado da mente, uma vez que impressões sensórias se tornam experiência e ganham significado somente depois que são interpretadas a partir dos conceitos de tempo, espaço e objeto. Mas Stent (1992, p. 78) discorda da concepção de conhecimento de Kant e afirma que a concordância aparentemente miraculosa da intuição na concepção kantiana de conhecimento pode ser facilmente explicada pela teoria da evolução. Se o cérebro é o produto de seleção natural, agindo nos ancestrais distantes, é preciso lembrar que ele possui hereditariedade transmitida, isto é, inata, em que o conhecimento do mundo acontece antes de qualquer experiência pessoal. E mesmo que os conceitos kantianos a priori possam ser considerados parte da dotação biológica inata, não são "inato/inerente" no sentido que já estejam presentes no cérebro ao nascer. Para sustentar essas afirmações Stent (1992, p. 78) recorre a tese de Jean Piaget, para quem conceitos a priori surgem somente no curso do desenvolvimento na infância e

funcionam através de uma sequência de estágios claramente reconhecíveis e governados pela interação sensório-motora da criança com seu ambiente infantil. Uma criança, a princípio, não atribui tamanho constante nem identidade para as coisas ao seu redor e carece do conceito de objeto. A noção concreta de um objeto que tem identidade e qualidades características aparece somente em estágios subsequentes. Somente depois se desenvolvem os modos de pensamento matemático, lógico e linguístico abstrato. A criança deve primeiro desenvolver a noção de invariância antes de ser capaz de usar palavras que se refiram a objetos particulares ou ter acesso ao conceito de número. Os conceitos kantianos abstratos de espaço e tempo apareceriam em sua forma madura somente em estágios posteriores.

Stent (1992, p. 79) defende a significância das descobertas de Piaget como subjacente ao propósito de sua discussão, considerando que a demonstração empírica de conceitos intuitivos surge durante a infância como resultado de uma dialética hereditariamente determinada entre o desenvolvimento do cérebro e o mundo das coisas. Tais conceitos representam dados biológicos ao invés de produtos contingentes de convenções filosóficas ou sociais. Eles são propriedades imanes da razão humana e adquiri-las é o que significa crescer numa pessoa saudável. Dessa percepção se deduz que os humanos estiveram de posse do equipamento intelectual necessário para fazer ciência, ao menos, desde o aparecimento do *Homo sapiens*, há aproximadamente cem milhões de anos. Mas a primeira realização humana que se pode reconhecer como sendo relacionada à ciência teria acontecido há aproximadamente dez milhões de anos, no final da Idade da Pedra, com a bem-sucedida criação de animais domésticos, agricultura e a invenção da metalurgia, cerâmica e tijolos. Enquanto, a ciência propriamente teve início há aproximadamente dois mil e quinhentos anos atrás, quando os gregos conceberam a ideia de que o mundo é governado por um número limitado de leis naturais, abertas a descoberta da mente, as quais podem ser respostas derivadas das questões sobre a natureza. Por fim, a ciência moderna teve início há aproximadamente 400 anos, com acentuada ascensão após as descobertas de Galileu, que possibilitaram expressar matematicamente as leis naturais concebidas pelos gregos e imagens quantitativas do mundo capazes de explicar com exatidão aspectos mensuráveis dos fenômenos naturais.

Ao conceber a ciência como descoberta e comunicação de verdades sobre a conexão entre eventos percebidos, Stent (1992, p 79) defende que os cientistas trazem para esse projeto sua dotação biológica de conceitos intuitivos, por meio dos quais suas mentes constroem experiências fora das impressões sensoriais. Dessa experiência se desenha uma imagem internalizada do mundo que pode ser denominada 'científica', na medida em que se baseia no postulado das leis naturais, ao se supor que a verdade seja objetiva, isto é, independente da mente que as descobre. Portanto esses fundamentos conceituais e cognitivos são responsáveis tanto pela origem quanto pelos limites da ciência. Sobre existência de limites ou fim para a ciência há cientistas e pensadores que acreditam existir fatores que colocam a ciência muito mais na direção do impulso que no caminho de uma limitação de seu progresso.

Apenas no começo

De acordo com Gerald Holton (1992, p. 64) historiadores da ciência afirmam que falar sobre a “morte” e declínio da ciência não é uma contradição. A ideia é recorrente ao longo da história, a exemplo do que aconteceu no final do século XIX com o surgimento de um novo conjunto de problemas que não poderiam ser resolvidos pela física vigente. Contudo, o epidêmico colapso alardeado como bancarrota da ciência logo se reverteu em avanços da teoria quântica e da relatividade, que levaram a humanidade a uma nova fronteira do conhecimento. Contudo, considerando a recorrência das alegações sobre um possível fim para a ciência, Holton (1992, p. 64) propõe refletir sobre o tema a partir da perspectiva de duas escolas de pensamento. Na visão dos linearistas a ciência avança de forma linear, entendida como atividade amplamente autônoma, no que se refere a fatores externos. Por outro lado, os ciclistas não concebem a ciência como uma atividade cumulativa, progressiva e autodirigida. Mas, comparam-na a um organismo que nasce, cresce, declina e morre, também pode ser entendida pela metáfora política, cuja sucessão entre períodos normais e de revolução leva um estado a suceder outro de modo incomensurável, em que a sequência de paroxismos e mudanças da mente não leva a nenhuma esperança de progresso confiável. Da escola ciclista Holton (1992, p, 67) tem como referência a tese de Spengler que, na obra *O Declínio do Ocidente*, afirma que o progresso cíclico

é um destino inevitável para todas as poderosas culturas ao longo da história, cuja principal característica na sua fase de declínio é o momento em que a ciência é mais frutífera e as sementes de sua própria ruína começam a surgir. Entre as causas do declínio se destacam: 1) falhas na autoridade da ciência dentro, e para além, de seus limites disciplinares e 2) o surgimento de elementos antitéticos e autodestrutivos dentro do corpo da própria ciência que finalmente irá vencê-la. Da escola linearista, Holton (1992, p. 69) dá como exemplo o pensamento de Albert Einstein, para quem o templo da ciência é uma imensa construção com muitas alas diferentes. Nela, muitos buscam a ciência pela alegria de flexionar seus músculos intelectuais, para fins úteis a curto-prazo, pela motivação profunda do conhecimento em si mesmo, no desejo de escapar da severidade dolorosa, monótona e miserável da vida cotidiana e dos desejos inconstantes, e na busca por formar uma imagem lúcida e simplificada do mundo, seja qual for a maneira mais adequada.

Quanto a hipótese de um fim para a ciência, para Einstein, segundo Holton (1992, p. 70), o programa geral de unificação de todas as ciências seria algo cujo fim é imprevisível e produziria as mais profundas percepções, além de ser uma motivação poderosa. A ciência que avança nesse sentido não poderia estar próxima do fim, uma vez que há uma tarefa infinita a ser realizada. No entanto, a despeito do sucesso já alcançado, a ciência ainda carece de método confiável e algoritmos garantidos, além de não se possível se contentar com as capacidades falíveis do pensamento humano. A ciência na visão de Einstein, segundo Holton (1992, p. 71), é um programa com um objetivo e possibilidade de avançar sem qualquer previsão de fim; uma atividade para pessoas capazes de combinar racionalidade lógica com intuição.

A diferença entre as visões de Einstein e Spengler, segundo Holton (1992, p. 72), é reflexo das noções de “fim” adotada por ambos. Enquanto Einstein entende o fim da ciência como uma contradição em termos, Spengler enumera situações que exemplificam o seu fim:

- Pretensão de ser a única estrada válida para o conhecimento;
- Fracassou em fornecer uma prova para o realismo ou outra posição filosófica, embora esse nunca tenha sido o propósito da ciência;
- Está condenada a falhar porque facilmente deixa de lado conceitos visualizáveis em favor daqueles abstratos e matemáticos,

- É meramente a projeção da obsessão edipiana pelas noções de força, energia, poder ou conflito,
- Sua fé na progressão da racionalidade científica é tão prejudicial e profundamente incorporada na sociedade moderna que uma revolução política, moral, social e intelectual radical seria aclamada;
- As teorias científicas talvez não tenham mais do que a mesma pretensão dos mitos para serem levadas a sério.

Holton (1992, p. 72-73) não concorda com essas noções e as considera inválidas, da mesma forma que não concorda com os entusiasmos passados e com a esperança de que a ciência pudesse ser o eventual fiador da onipotência dos negócios da humanidade. Alerta ainda que profecias sobre o fim da ciência devem considerar que a missão particular e o talento dos seres humanos é encontrar verdades certificáveis, sejam quais forem os meios limitados à sua disposição.

O mesmo otimismo de Holton é compartilhado por Sheldon Lee Glashow (1992, p. 23) que vê a ciência muito mais próxima ao início do que de um fim eventual, uma vez que a busca do entendimento científico é uma meta humana primária em si mesma e o único fórum verdadeiramente internacional nos últimos séculos. Glashow (1992, p. 24) admite que há uma certa desaceleração da atividade científica, mas a ideia de fim da ciência pode ter entendimentos diferentes. Existem cientistas que se preocupam com o fato de já se ter alcançado o ápice do entendimento e mais progresso seria difícil e improvável, em que o futuro pode se limitar a comentários e elaboração de triunfos passados. Outros podem considerar que não é mais possível se dar ao luxo de dispendir vultuosos recursos em empreendimentos como o Supercondutor ou o Projeto Genoma. Há também os leigos que consideram a ciência perniciosa e responsável pela poluição, contaminação e espoliação do ar, da água e da terra.

A polêmica sobre uma possível “morte da ciência”, segundo Glashow (1992, p. 29), também pode estar relacionada ao uso casual e descuidado das palavras *teoria* e *verdade*. O que é considerado como verdadeiro hoje pode ser falseado amanhã, e o mal-entendido pode estar relacionado ao alcance limitado da validade das teorias. Dentro de seus domínios, leis como as de Newton e Boyle são verdadeiras e permanecerão sempre verdadeiras. Enquanto nas ciências sociais não há nenhum

padrão absoluto de verdade e visões diametralmente opostas podem coexistir. Isso não acontece com a física, pois, sendo uma construção vertical, quando ocorre qualquer alteração ou acréscimo em seu edifício, deve ser compatível com o que já está firmemente no lugar. As novas teorias incorporam as antigas, como aconteceu com as mecânicas quântica e relativística ao incorporar a física clássica. Para Glashow (1992, p. 30-31) a ciência prospera no caminho de responder às questões mais profundas, sem esquecer que não importa o poder ou a beleza de um argumento teórico, nem o desejo das massas, a experimentação objetiva passível de repetição permanece sendo o único fundamento para julgar a realidade das criações da imaginação científica. A teoria das supercordas, primeira teoria quântica sobre a gravidade, é um exemplo atual do esforço de muitos teóricos que com alguma sorte esperam compreender a totalidade das partículas, entendidas não como pontos, mas como torções ou pequenos circuitos de cordas incorporados num espaço-tempo de onze dimensões. As cordas junto com a cosmologia, com seus cenários inflacionários, buracos de minhoca e outras formulações, permanecem na fronteira especulativa.

A verdade é bela e a beleza é verdadeira

Sem realizar propriamente uma discussão sobre a questão de existir limites para a ciência, Lisa Randall (2012) tem uma visão otimista e cautelosa em relação aos avanços do conhecimento científico no âmbito da física. De acordo com Randall (2012, p. 04) a ciência não deve ser entendida como uma declaração estática de leis, tampouco deve ser considerada um conjunto arbitrário de regras. A ciência se compara a um corpo de conhecimento evoluindo, que no decorrer da investigação atual de ideias muitas provarão estar erradas ou incompletas. À medida que são superadas as fronteiras que circundam o que se sabe e se aventura dentro de território mais remoto, as descrições científicas mudam, sendo possível vislumbrar indícios de verdades mais profundas que até então estavam fora de alcance.

O conhecimento científico evolui à medida que o universo evolui e regiões inexploradas vão ficando para trás, à medida que outras mais difíceis são alcançadas. Por meio das teorias que crescem e se expandem, a ciência, segundo Randall (2012, p. 05), incorpora o velho conhecimento estabelecido em uma imagem mais compreensível que emerge de uma variedade mais ampla de observações teóricas e

experimentais. Essas mudanças não significam necessariamente que as velhas regras estejam erradas, apenas que não se aplicam mais as escalas menores. Nesse sentido, conhecimento pode abranger velhas ideias e expandir ao longo do tempo, embora muito ainda permaneça por ser explorado. Quando um cientista diz que sabe algo, para Randall (2012, p. 08), ele quer dizer apenas que o que se têm são ideias e teorias das quais previsões têm sido testadas numa certa variedade de distâncias e energias. Tais ideias e teorias não são necessariamente leis eternas ou as mais fundamentais da física, mas regras que poderão ser ultrapassadas por novas. Um exemplo clássico são as leis de Newton, corretas e instrumentais cessam sua aplicação nas proximidades da velocidade da luz, entrando em seu lugar as teorias de Einstein. As leis de Newton se aplicam a um domínio limitado, e mesmo estando corretas são incompletas. Assim, o conhecimento mais avançado que se pode chegar, por meio de melhores medições, é um aperfeiçoamento que ilumina conceitos subjacentes diferentes e novos.

A mecânica quântica é o caso de teoria bastante mal compreendida, segundo Randall (2012, p. 10), fazendo referência ao que disse Neils Bohr: “se você não estiver completamente confuso com a mecânica quântica isso é sinal de que você não a compreendeu”. Isso se deve a linguagem e intuição que derivam do raciocínio clássico que a mecânica quântica não leva em consideração. Mesmo sem um entendimento fundamental e profundo, é possível usar a mecânica quântica para fazer previsões. Para Randall (2012, p. 11) certamente é o caso na mecânica quântica que experimentos e argumentos científicos válidos foram determinantes para sua aceitação como verdadeira. O método científico juntamente com dados e a busca por economia e consistência asseguraram aos cientistas como estender seus conhecimentos para além do que é intuitivo, em escalas imediatamente acessíveis para ideias muito diferentes que se aplicam a fenômenos que não são acessíveis. Uma relação cada vez mais reconhecida pelos pesquisadores na elaboração de teorias é o tópico da verdade e beleza em ciência recebida com alvoroço, segundo Randall (2012, p. 259), numa conferência TED realizada na Califórnia pelo físico Murray Gell-Mann, que encontrou eco na expressão de John Keats: “verdade é beleza e beleza é verdade”. Mas, para os que acreditam que beleza está no coração das grandes teorias científicas e que a verdade sempre será esteticamente satisfatória, Randall (2012, p. 260) adverte que, ao menos em parte, beleza é um critério

subjacente e nunca será um árbitro confiável da verdade. O problema básico da identificação entre verdade e beleza é que ela nem sempre se sustenta e observações sobre o mundo nem sempre são belas.

Outro critério subjetivo importante para os físicos teóricos, segundo Randall (2012, p. 269-270), é a simplicidade, em que a busca pela verdade científica subjacente envolve a procura por elementos simples, com os quais se pode construir os fenômenos abundantes e complexos observados. A versão extrema das tentativas de identificar padrões significativos ou princípios organizados é a busca por uma teoria unificadora, com poucos elementos que obedecem a um pequeno conjunto de regras. Com relação a uma teoria unificadora, embora seja simples e elegante, ela deve acomodar de algum modo uma estrutura suficiente para corresponder as observações. Avanços científicos podem explorar critérios estéticos, mas o progresso científico, segundo Randall (2012, p. 270), requer entendimento, predição e análise de dados. Não importa o quanto uma teoria seja bela, ela ainda pode estar errada e, nesse caso, deve ser deixada de lado. Nada substitui resultados experimentais sólidos e a teoria das cordas, segundo Randall (2012, p. 333), se caracteriza como um exemplo de teoria difícil de testar, uma vez que sua formulação inicial é abstrata e são remotas as conexões com os fenômenos observáveis. Randall (2012, p. 337) considera que seria muita sorte encontrar todos os princípios físicos corretos capazes de fazer as predições teóricas das cordas corresponder com o mundo, contudo, atingir essa meta se configura uma tarefa difícil.

Mas o que afinal se está levando em consideração quando se fala em beleza de uma teoria? Para Steven Weinberg (1994, p. 133) quando um físico afirma que uma teoria é bela, essa beleza não deve ser confundida com a expressão de um prazer estético, no sentido que se atribui a beleza de um quadro, por exemplo. A beleza nesse caso deve ser entendida como juízo sobre um fato objetivo, que auxilia no julgamento acerca da validade da teoria. O que primeiro caracteriza a beleza de uma teoria na física é, segundo Weinberg (1994, p. 134-135), a simplicidade de suas ideias, o senso de inevitabilidade. Soa semelhante a sensação de ouvir uma peça musical, cujo intenso prazer estético traz um sentimento de que nada pode ser mudado. Para Weinberg (1994, p. 136) o mesmo senso de inevitabilidade pode ser encontrado no *modern standard model* das forças eletromagnéticas forte e fraca que agem nas partículas elementares.

A constatação de sua inevitabilidade, no entender de Weinberg (1994, p. 142), leva a aceitação de que uma teoria quântica de campos, ou algo muito parecido com ela, é o único caminho para combinar os princípios da relatividade geral e da mecânica quântica. A rigidez lógica concede beleza a uma teoria realmente fundamental e esse tipo de juízo estético é considerado por Weinberg (1994, p. 149) parte de sua validade e explicação. Desse modo, a beleza de uma teoria se caracteriza pela sua simplicidade, inevitabilidade e rigidez lógica que deve ser considerada seriamente. Weinberg (1994, p. 157-158) afirma que é precisamente na aplicação da matemática pura que a efetividade do juízo estético na física é surpreendente. Para os físicos, o senso de beleza serve como guia que ajuda tanto na descoberta quanto no julgamento da validade de teorias do mundo real, mesmo sem evidências experimentais. Da mesma forma o senso de beleza dos matemáticos leva ao desenvolvimento de estruturas, que em muitos séculos ou décadas depois serão de grande valor para os físicos, mesmo que os matemáticos possam tê-las desenvolvido sem qualquer interesse de aplicação. Uma dessas explicações é restrita às áreas mais fundamentais da física e as outras duas, aplicáveis às demais áreas da ciência. A primeira dessas explicações se refere ao fato de que o universo, em si mesmo, age como uma máquina de ensinar de maneira casual e eficaz a longo prazo. Em outras palavras, somos “ensinados” vagarosamente a esperar um tipo de beleza da natureza.

Outra razão, segundo Weinberg (1994, p. 160-161), para considerar que teorias bem-sucedidas são belas, está no fato de que cientistas tendem a escolher problemas para os quais existam provavelmente belas soluções. A simplicidade e inevitabilidade são pistas que sugerem pela universalidade do fenômeno que esta seria uma solução bela. No entender de Weinberg (1994, p. 165), ao buscar por respostas sobre porque o mundo é da maneira que é, ao fim da cadeia de explicações o que se deve encontrar são poucos e simples princípios de atraente beleza. Da mesma forma que Platão e os neo-platonistas afirmavam que a natureza é o reflexo da natureza última, do *nous*, a beleza das teorias atuais é uma antecipação, uma premonição da beleza de uma teoria final, pois não se pode aceitar qualquer teoria como final se ela não for bela.

O desafio de explicar o que puder ser explicado

Há muitas questões envolvidas na aceitação de teorias, como é o caso da teoria das cordas. Para Brian Greene, (1999), o maior desafio que a ciência já enfrentou é a busca por explicar tudo, mesmo num sentido mais limitado de compreender todos os aspectos das forças e dos componentes elementares do universo. Greene (1999, p. 421-22), acredita que podem existir limites para a compreensão do universo e seja o caso aceitar que ao se atingir o nível mais profundo do conhecimento científico, aspectos do universo podem permanecer sem explicação. Mas o êxito do método científico no passado tem ensinado que, com tempo e esforço, é possível desvendar os mistérios da natureza. Atingir o limite absoluto da explicação científica significaria superar mais que obstáculos tecnológicos, ou fazer avançar o limite do conhecimento humano, seria um evento singular que requer pensar e reavaliar conceitos e noções que fundamentam a atividade científica.

Isso é o que pretende Richard Dawid (2013) quando aborda as dificuldades do método científico, no que diz respeito a teoria das cordas. Como já mencionado, é um exemplo de teoria difícil de comprovar e permanece no campo da especulação. O que se tem é apenas matemática. Considerando as dificuldades, Dawid (2013) propõe um novo olhar sobre o método científico que possibilite a aceitação da teoria das cordas. Algo como uma mudança gradual no âmbito da física que permitisse acomodar a avaliação de novas teorias. Dawid (2013, p 153) considera que a avaliação de teoria não-empíricas representa um poderoso papel na avaliação de teorias não confirmadas empiricamente na física fundamental contemporânea. Mas isso não significaria uma quebra fundamental com o passado, apenas uma modificação gradual de métodos tradicionais que permitam a avaliação de novas teorias na física.

Um passo em direção a avaliação da subdeterminação científica, em nível global, constitui uma mudança de foco para avaliação sobre a viabilidade de uma teoria dentro de uma dada estrutura empírica, que acomode as pretensões para a formulação de uma teoria final. Entretanto, é importante considerar, segundo Dawid (2013, p 154), as dificuldades envolvidas nessa estratégia, tendo em vista que a complexidade e imprecisão dos argumentos de raciocínio não-empírico implicam vereditos que não terão a mesma força que os argumentos baseados em evidências empíricas conclusivas. Sempre estará presente o objetivo máximo da pesquisa

científica de encontrar evidências empíricas conclusivas para cada caso. Uma vez que teorias bem testadas e teorias não confirmadas empiricamente não compartilham do mesmo *status*.

Dawid (2013, p. 155) observa que pode soar como o fim da ciência as reivindicações sobre uma teoria final, mas que isso não é o caso considerando a situação em que se encontra a teoria das cordas. O que existe é uma crise do método científico, segundo Dawid (2013, p. 156), considerando que há aproximadamente quatro séculos quando Bacon e Descartes estabeleceram os fundamentos da visão científica de mundo, ambos consideraram a criação do método científico como a principal realização no caminho para uma correta compreensão do mundo. Para muitas gerações o método científico foi o ponto de partida para pesquisas cada vez mais profundas. Mas a despeito de seu sucesso, não alcançou o difícil desfecho de uma plena descrição da natureza. Nesse sentido, Dawid (2013, p. 156) considera que a teoria das cordas poderia representar o começo de uma nova fase de progresso científico; de descoberta de novos aspectos para um sistema teórico total, cujas características gerais a identificam como candidata a teoria final, ainda que complexidades possam obstruir um pouco as esperanças para seu pleno entendimento em breve.

No entanto, Dawid caminha por um terreno perigoso e suas pretensões são alvo de críticas como as de Carlo Rovelli (2016), que o acusa de comprometer a confiabilidade da ciência ao promover confiança excessiva em evidências não-empíricas. Além de fazer parecer que argumentos não-empíricos são uma novidade na atividade científica, o que não é o caso. Rovelli (2016, p. 01) lembra que a utilização de argumentos não-empíricos é ampla e rotineira na atividade científica, e têm sido utilizados ao longo da história como Kepler que confiou nas teorias de Copérnico antes que suas previsões superassem as de Ptolomeu ou Einstein que confiou na Relatividade Geral antes de ser detectada a curvatura da luz do sol. O que se tem é o contexto de uma “avaliação preliminar” de teorias ou procedimentos “fracos” de avaliação que se caracteriza como algo muito diferente dos testes empíricos duros pelos quais uma teoria deve passar. Ao obscurecer essa distinção, utilizando o paradigma Bayesiano, Dawid comete um erro. Uma vez que, segundo Rovelli (2016, p. 01), na teoria Bayesiana, “confirmação” indica qualquer evidência em favor de uma tese, por mais fraca que seja. Um exemplo de utilização é ilustrado pela consideração

de que, ao ver um chinês em Piccadilly Circus isso “confirmaria” a teoria de que a maioria dos londrinos são chineses. Mas, “confirmação” para leigos e cientistas significa “evidência muito forte, suficiente para aceitar uma crença como confiável”.

Para Rovelli (2016, p. 01) essa é uma infeliz ambiguidade de Dawid, a qual não faz muito esforço para dissipar, cujo eco se reflete no contentamento de alguns cientistas que apreciaram muito o reconhecimento das raízes teóricas para a defesa de uma teoria. Ainda mais felizes ficaram os teóricos das cordas que careciam de “confirmação” da teoria no sentido padrão e agora tem bastante “confirmação” no sentido Bayesiano. Para Rovelli (2016, p. 01) a ambiguidade que é um problema dessa abordagem, uma vez que a teoria da confirmação Bayesiana permite falar sobre o espectro de graus intermediários de credibilidade entre teorias que são “confirmadas” ou “estabelecidas”, no sentido comum da palavra, e teorias que ainda são “especulativas” ou “provisórias”. Isso obscurece a divisão existente na ciência para demarcar uma tentativa de teoria de uma teoria confirmada.

Um exemplo de distinção clara, segundo Rovelli (2016, p. 01) pode ser observada quando comparadas a confiança, em seus domínios de validade, da eletrodinâmica clássica e a mecânica newtoniana nas quais se confia a vida, sendo que o mesmo não se pode fazer em relação a teoria das cordas. A distinção entre teorias confiáveis e teorias especulativas é um ingrediente essencial da ciência. E mesmo que nem sempre tal distinção seja nítida não se deve esquecer que a existência de teorias confiáveis é o que torna a ciência valiosa para a sociedade e perder isso significa não entender a importância da ciência.

A teoria das cordas é prova do perigo de depender excessivamente de argumentos não-empíricos, que há por muito tempo tem criado expectativas, segundo Rovelli (2016, p. 02), de computar todos os parâmetros do Modelo Padrão, de derivar seu grupo de simetrias $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ e a existência de suas três famílias de partículas elementares, prever o sinal e o valor da constante cosmológica, a nova física observável e entender o destino final dos buracos negros, com a promessa de oferecer uma teoria unificada única e bem fundada de tudo. Mas tudo até agora se mostrou falso. Contudo, as falhas, de um ponto de vista Popperiano, não falsificam a teoria, segundo Rovelli (2016, p. 02). O motivo está na sua grande flexibilidade, que pode ser ajustada para escapar das previsões que falharam. De um ponto de vista Bayesiano, cada uma das falhas somente diminui a credibilidade da teoria, quando

observado que um resultado positivo teria aumentado a confiança. Isso tudo não abala a crença dos cientistas que tem dificuldade de abandonar uma teoria na qual devotaram suas vidas. Quando surge a possibilidade de se apoiar em argumentos não-empíricos, contando com uma teoria da confirmação como a de Bayes, é humano que queiram fazer isso. Rovelli (2016, p. 02) acusa de má a filosofia da ciência de Dawid, quando propõe considerar essa atitude científica como exemplar.

O que talvez se esteja presenciando na física seja uma crise, no sentido abordado por Hacking (1992), em que a questão sobre o fim da ciência pode significar, não o fim de uma estrada, mas o fim de uma ideologia inaugurada pelo positivismo de Comte. Desde essa época a ciência tem sido apresentada como modelo de racionalidade de triunfo da razão, fazendo surgir certa “raiva contra a razão” e a ideia de que a ciência deve ser eliminada antes que ela nos elimine. Essa raiva, segundo Hacking (1992, p. 34), está vinculada a uma profunda suspeita sobre a tecnologia, concepção que surgiu do forte imperativo desde o século XVII para interferir na natureza com o intuito de purificar, estabilizar e criar fenômenos no laboratório, depois manufatura-los e, então, produzi-los em massa.

A raiva contra a razão e o medo da tecnociência, de acordo com Hacking (1992, p. 34-35), são ainda acompanhados pelo surgimento de um profundo desgosto pelo que se poderia chamar de ideologia própria da ciência, uma espécie de fábula da objetividade. Os temerosos da hegemonia da ciência afirmam que ela força sobre as pessoas uma concepção de que existe apenas a verdade científica, alcançável somente pelo método científico. Que existe somente um caminho para a razão e para alcançar conclusões válidas: ciência e seus métodos. Mas isso não significa que a ciência esteja próxima de um fim. Não é o caso segundo Hacking (1992, p. 36) Desde os tempos de Bacon e Galileu existiram céticos sobre a hegemonia que se estabeleceu para vencer os escolásticos, no embate entre ciência e religião no período vitoriano. Para Hacking (1992, p. 37), a repulsa atual contra a ciência tenta minar suas pretensões ao conhecimento objetivo, reforçada por visões de holocausto nuclear, mutações genéticas e colapso ambiental, que fomentam questionamentos sobre os produtos e processos da ciência. Preocupações quanto a objetividade e busca pela realidade alegada pela ciência promovem questionamentos acerca da ideia sobre a existência de apenas *uma* realidade, *uma* verdade, *um* método, *uma*

racionalidade. Hacking (1992, p. 39-40) argumenta que a ideia de unidade da ciência tem subjacente pelo menos onze diferentes teses:

Metafísica: *há somente um mundo, uma realidade, uma verdade;*

Interconectada 1: *todos os tipos de fenômenos devem ser relacionados uns com os outros;*

Interconectada 2: *conexão entre tipos de fenômenos – o legítimo desejo de encontrar a Grande Teoria Unificada;*

Estrutural: *há uma única estrutura fundamental para a verdade sobre o mundo, com verdades centrais que implicam aquelas que são periféricas;*

Taxonômica: *há uma crença subjacente na existência de um sistema correto, final e fundamental para classificação de tudo;*

Epistemológica: *nunca saberemos a totalidade da verdade sobre tudo, mas todas as peças do conhecimento são fragmentos da verdade e a ciência tem como objetivo conhecer a verdade sobre aspectos do mundo;*

Reducionista: *tentativa de encontrar não somente a verdade, mas a estrutura de verdades – reduzir as leis de um corpo de conhecimento para as leis de outro;*

Linguística: *lógicos positivistas preocupados com a linguagem da ciência acreditam que o reducionismo requer que todas as ciências sejam expressas em uma única linguagem;*

Lógica: *há somente um padrão de razão pelo qual a hipótese científica pode ser julgada;*

Metodológica: *o método científico é o melhor caminho para saber mais sobre o mundo e como ele funciona;*

Histórica: *refere-se ao sucesso em descobrir novos fatos sobre o mundo, criar e controlar novos fenômenos, mas principalmente seu projeto de unificação.*

O entusiasmo filosófico pela unidade da ciência vigente na década de 1920 culminou na fundação da Sociedade para a Unidade da Ciência e na projeção da Enciclopédia da Ciência Unificada, com seus fundadores associados ao Círculo de Viena. Segundo Hacking (1992, p. 41), Carnap e outros membros do Círculo de Viena afirmavam que somente a ciência era a estrada que poderia levar todos para além do véu da aparência. Na direção oposta à de Carnap, o idealismo transcendental de Kant, segundo Hacking (1992, p. 41), também está repleto de exigências por unidade, entre elas a unidade da apercepção.

Embora a origem do questionamento sobre a unidade não seja exclusividade de filósofos, certamente têm servido de base a busca dos cientistas religiosos, cujo objetivo é demonstrar que as manifestações de Deus estão interconectadas. Contudo, objetividade não implica unidade. A ideia para Hacking (1992, p. 42) é subjacente à metáfora do Livro da Natureza, utilizada desde Galileu sobre um “Autor” escrevendo em linguagem matemática. Também compartilhada por Leibniz, para quem Deus contempla todas as descrições possíveis do mundo para então criar o mundo mais perfeito, que corresponde a uma descrição possível fornecida pelo Livro da Natureza. Isso não significa que Hacking (1992, p. 43-44) menospreze a ideia de unidade, especialmente o sentido de integração harmoniosa, apenas alerta que unidade não é um assunto simples e que é preciso ser cuidadoso no estudo da unificação e redução de teorias. Pois, nem mesmo a velha noção aristotélica de filosofia natural, segundo Hacking (1992, p. 48), assume ou visa uma teoria definitiva de tudo, assim como a ideia de Heisenberg sobre teoria fechadas em seus domínios que sugere a desunidade, considerando que os diferentes domínios são governados por diferentes teorias.

Para compreender a ideia de “desunidade”, Hacking (1992, p. 49) propõe parar de pensar o trabalho do laboratório como sondagem de uma realidade que é dada, inerte, uma vez que muitos fenômenos investigados no laboratório não existem antes da intervenção do experimentalista, ou seja, não existe no estado puro. Experimentos podem encobrir, revelar e literalmente trazer a existência muitos fenômenos. Então as teorias devem responder ao fenômeno criado ou purificado no laboratório. Elas são verdadeiras para o fenômeno suscitado pela instrumentação. Não há um fenômeno pré-existente que o experimento registra, são os parâmetros ajustados nos aparatos dos experimentos que os fez. Isso é o que fornece a ligação que mantém o mundo material e intelectual unidos e o que fornece estabilidade a ciência.

Para Hacking (1992, p. 51) a ciência tem se tornado tão multifacetada quanto às humanidades e um domínio onde há estabilidade sem fundamentação, compartilhado sem a comensurabilidade. Um domínio em que se favorece o realismo sobre o mundo material com um máximo de diversidade e um mínimo de subjetividade, no qual pode haver ação coerente dentro de uma imagem de mundo completamente desunificada. Quando se diminui a importância da ideia de unidade simultaneamente está ameaçada a ideia de teoria associada com experimento, que

pode levar a um humanismo experimental pequeno, enraizado muito mais nas ciências na vida do que na física. Mas, isso não significa para Hacking que seja o fim da ciência nem da física teórica; quem sabe o fim de uma ideologia superada da ciência.

Pode parecer sem sentido falar sobre limites ou um fim para a ciência. As considerações de Hacking sobre o fim de uma ideologia superada da ciência pode ter raízes mais profundas. Pode ser uma crise da perspectiva antirrealista adotada pela ciência, desde o surgimento da Mecânica Quântica e ideias contraditórias presentes na sua formulação axiomática ortodoxa, como apontado por Christian De Ronde (2018), tais como “metafísica de partículas” e “colapsos’.

Segundo De Ronde (2018, p. 05) o debate introduzido pelo EPR e a análise de Schrödinger, em relação a realidade física e correlações na Mecânica Quântica, permaneceram silenciadas por quase meio século devido a uma profunda influência anti-metafísica dentro da física, introduzida pelo neo-kantismo linguístico de Bohr, pelo positivismo e pelo instrumentalismo. Contudo, mesmo diante da restrição anti-metafísica do século XX, o atomismo teve influência na criação da teoria dos quanta e se transformou na Mecânica Quântica. O que se observa, segundo De Ronde (2018, p. 10), é que as teorias são entendidas principalmente como conjuntos de modelos (matemáticos), desenvolvidos para explicar observações empíricas, cujo papel tem sido representado pela matemática dentro da física, nos termos caracterizados por Miklos Redei, para quem a matemática é um supermercado, no qual os físicos são os clientes que se servem quando necessitam de um conceito matemático, acontecendo o mesmo com os conceitos metafísicos. Os físicos vão ao “supermercado” de conceitos e se servem do que precisam para construir cada nova interpretação.

Mas há outro entendimento sobre o papel e significado do termo metafísica dentro das teorias físicas, que é compartilhado por muitos dos fundadores da Mecânica Quântica. De acordo com esse entendimento, De Ronde (2018, p. 10) afirma que a metafísica é essencialmente um sistema de conceitos categórico-relacional que não faz referência a “coisas”, estando sempre relacionados a outros conceitos criando uma rede que permite conceber e representar um tipo específico de experiência. Desse modo não é possível discutir sobre experiência sem pressupor uma representação conceitual, como o fornecido pelo sistema aristotélico, em que as

entidades são caracterizadas em termos de três princípios lógico-ontológicos: existência, não-contradição e identidade.

No sentido que De Ronde (2018, p. 11) argumenta, o discurso científico deve sempre pressupor uma representação conceitual do que se quer dizer quando se fala em “estado de coisas”, como pré-condição para se compreender os fenômenos de um modo científico. Esse é o papel que a metafísica representa na física, com a criação de redes conceituais adequadas, cada uma permitindo capturar um campo específico de experiência.

Considerações finais

Se a crise da ciência tem um limite pode ser que isso realmente seja reflexo de uma crise ideológica. A Mecânica Quântica fala de coisas como partículas e tenta provar instrumentalmente sua existência sem dizer o que elas são. Se não se sabe o que são, o que se espera observar com os instrumentos? A busca por uma teoria final mantém a lógica ao trocar partículas por cordas e a pergunta sobre o que elas são continua. Substituir partículas por cordas não elimina o problema da falta de um esquema conceitual que defina e diga o que se espera “ver” no laboratório. Proposições com base em argumentos não-empíricos e ideias sobre inevitabilidade para a aceitação de uma teoria, a partir da beleza e simplicidade de formulações matemáticas mostra que a crise pode não ser apenas ideológica, mas de fundamentos. A crise da perspectiva antirrealista que “venceu” a batalha e se estabeleceu como visão científica, desde o surgimento da Mecânica Quântica, se aprofunda ao não saber sobre o que falam suas “observações” ou “medições”. A ciência assume cada vez mais um caráter irônico, como apontou Horgan, quando não consegue superar o sucesso alcançado pelas teorias passadas e tenta, a todo custo, sem sucesso, propor novas teorias, muitas sem perspectiva de confirmação que permanecem no campo especulativo.

A aceitação de uma teoria que não pode ser confirmada pelo teste empírico implica desafiar a ciência a ter que lidar com mudanças em concepções fundamentais sobre teoria, verdade e verificação, imprescindíveis no processo de construção do conhecimento. Os desafios para conhecer o funcionamento do universo, as leis finais

da natureza, a origem de todas as coisas parece ter encontrado um limite que requerer uma revisão sobre o papel da ciência.

A insistência na unificação das teorias da Relatividade e Mecânica Quântica pela Teoria das Cordas reforça a ideia de que há limites ao avanço da ciência na sua concepção atual. O que representaria para a ciência a aceitação de teorias que não apresentam perspectivas de passar pelo teste empírico? Seria o caso de mudar o método científico? Isso representa o rompimento com um modelo de ciência que abre caminho para uma era pós-empírica do conhecimento científico. E como seria essa nova concepção de ciência? São questões que não se esgotam na análise de um artigo. É necessário seguir na reflexão de aspectos a atividade científica que podem levar a uma revisão de conceitos que servem de base para o entendimento sobre o que é a ciência e o tipo de conhecimento que busca. O rompimento com a concepção aceita de ciência pode implicar na demarcação, que permitiria a entrada das mais variadas especulações e pseudoteorias. Isso é indesejável, especialmente se for para atender as motivações de cientistas e filósofos que se mantêm “apaixonados” pela beleza e simplicidade de estruturas matemáticas, sem considerar que a ciência deveria explicar coisas sobre o mundo e como ele é.

Referências

DAWID, Richard. **String Theory and the Scientific Method**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

DUTRA, Luiz Henrique de A. **Introdução à teoria da Ciência**. 3ª Edição. Florianópolis: Editora da UFSC, 2009.

ELVEE, Richard Q. **The End of Science? Attack and Defense**. Boston: University Press of America, 1992.

GLASHOW, Sheldon L. The Death of Science? *In*: ELVEE, R. Q. **The End of Science? Attack and Defense**. Boston: University Press of America, p. 23-32, 1992.

GREENE, Brian. **O universo elegante: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

HACKING, Ian. Desunified Sciences. *In*: ELVEE, R. Q. **The End of Science? Attack and Defense**. Boston: University Press of America p. 33-52, 1992.

HOLTON, Gerald. "How to Think About the End of Science". *In*: ELVEE, R. Q. **The End of Science? Attack and Defense**. Boston: University Press of America, p. 65-74, 1992.

HORGAN, John. **O fim da ciência: uma discussão sobre os limites do conhecimento científico**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

RANDALL, Lisa. **Knocking on Heaven's Door: How Physics and Scientific Thinking Illuminate the Universe and the Modern World**. New York: Ecco/HarperCollins Publishers, 2012.

ROVELLI, Carlo. The dangers of non-empirical confirmation. **History and Philosophy of Physics**. Cornell University. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1609.01966v1>.

RONDE, Christian de. & MASSRI, César. Against "Particle Metaphysics" and "Collapses" within the Definition of Quantum Entanglement. **History and Philosophy of Physics**. Cornell University. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1911.10990>.

STENT, Gunther. **The Coming of the Golden Age: a view of the end of progress**. New York: The Natural History Press, 1969.

STENT, Gunther. "Cognitive Limits and the End of Science." *In*: ELVEE, R. Q. **The End of Science? Attack and Defense**. Boston: University Press of America, p. 75-88, 1992.

WEINBERG, Steven. **Dreams of a Final Theory**. New York: Vintage Books, 1994.