



## O ECLIPSE DE SOBRAL EM 1919: BREVE ANÁLISE SOBRE A PROPOSTA EPISTEMOLÓGICA DE LARRY LAUDAN

*Daniilo Miranda Rodrigues<sup>1</sup>*

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho é avaliar a adequação da concepção de Larry Laudan, um dos filósofos da ciência mais fecundos deste período, sobre o conceito de progresso científico. O episódio que escolhemos para servir de “estudo de caso” sobre algumas das mais famosas teses de Laudan está relacionado com o nascimento da Teoria da Relatividade e, conseqüentemente, da cosmologia científica moderna: o famoso eclipse total do Sol, ocorrido em 1919 e registrado, simultaneamente, na cidade de Sobral, Ceará, e na Ilha do Príncipe, costa oeste africana. Apresentaremos alguns detalhes históricos e biográficos sobre o episódio, que consideramos ainda pouco explorado. Posteriormente, avaliamos em que sentido a epistemologia de Laudan está adequada a esse exame histórico e, em alguns aspectos, podemos compará-la com alguns de seus contemporâneos, especialmente Popper, Kuhn e Lakatos. Podemos apresentar neste breve resumo uma importante conclusão: o exame deste episódio histórico - eclipse total do Sol de 1919 – apresenta uma compatibilidade enorme com a descrição laudaniana de progresso e de mudança científica, especialmente por colocar em relevo um aspecto ressaltado por este autor e quase ignorado por Kuhn e Lakatos: a importância dos problemas conceituais.

**Palavras- chave:** Laudan, Sobral, problemas conceituais.

**ABSTRACT:** The goal of the present essay is to analyze the adequacy of some conceptions introduced by Larry Laudan, one of the most fruitful philosophers of science of this period, on the concept of scientific progress. The episode we chose to serve as a "case study" on some of Laudan's most famous theses is related to the birth of the theory of relativity and, consequently, of modern scientific cosmology: the famous total eclipse of the Sun, which occurred in 1919 and was recorded simultaneously, in the city of Sobral do Ceará and on the island of Príncipe, in South Africa. We will present some historical and biographical details about this episode that we consider still little explored. Later we will evaluate in what sense Laudan's epistemology fits this historical examination and, in what aspects, we can compare it with some of his contemporaries, especially Popper, Kuhn and Lakatos. We can present in this brief summary an important conclusion: the examination of this historical episode presents an interesting compatibility with the Laudanian description of scientific progress and change, especially because it highlights an aspect almost ignored by Kuhn and Lakatos: the importance of conceptual problems

**Keywords:** Laudan, Sobral, conceptual problems.

---

<sup>1</sup> Mestre em ensino de Astronomia pela Universidade de São Paulo (IAG-USP), Bacharel e licenciado em Física pela mesma instituição (IF-USP). Atua como professor de Física na rede privada de ensino no estado de São Paulo e atualmente é mestrando em Filosofia da Ciência pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciência Humanas (FFLCH- USP). E-mail: danilo.rodrigues@usp.br





## INTRODUÇÃO

“Newton, perdoe-me; você encontrou o único meio, que, na época, era o único possível para um homem do mais elevado pensamento e poder criativo. Os conceitos que você criou estão até hoje guiando nossos pensamentos em Física, embora nós agora saibamos que eles terão que ser substituídos por outros, removidos, mais além, da esfera da experiência imediata, se nós pretendemos uma compreensão mais profunda das relações”. (Albert Einstein)

O presente ensaio visa a configurar-se como um breve estudo de caso da proposta epistemológica de Larry Laudan, elaborando uma reflexão sobre algumas de suas concepções à luz do importante episódio histórico, conhecido na literatura como “Eclipse de Sobral”, quando uma expedição, chefiada pelo eminente astrônomo britânico Stanley Eddington, enviou, em 1919, grupos de astrônomos para a cidade de Sobral (Ceará) e para a Ilha do Príncipe, com o intuito de realizar observações simultâneas de um mesmo eclipse total do Sol, para comparar as previsões oriundas da nascente Teoria Geral da Relatividade de Einstein com as previsões consequentes da Física newtoniana clássica quanto à influência gravitacional do Sol sobre as posições aparentes de um mesmo grupo de estrelas.

Mais do que isso, esperamos contribuir, em alguma medida, para a elaboração de um maior número de estudos de caso das diversas propostas epistemológicas, bastante conhecidas e debatidas na comunidade de filósofos da ciência. Destacamos a existência de alguns importantes trabalhos dessa natureza que, em maior ou menor grau, nos servem de modelo e inspiração para o presente trabalho: o professor Valter Alnis Bezerra elaborou uma importante avaliação da reconstrução racional que Lakatos faz da mecânica quântica (BEZERRA, 2004) e outros importantes estudos lakatosianos são elaborados por Elie Zahar sobre a Teoria da Relatividade de Einstein e sobre o copernicanismo. (ZAHAR, 1973; ZAHAR, 2012)

As publicações destacadas acima discutem a validade e as limitações da epistemologia de Lakatos. Todavia, encontramos um reduzido número de estudos de caso sobre as teses de Laudan, as quais nos pareceram adequarem-se de forma muito interessante à descrição – feita pela própria equipe de Eddington – do experimento de Sobral. O presente ensaio propõe uma leitura laudaniana desse importante episódio histórico, uma vez que, como pretendemos justificar posteriormente, é, a nosso ver, mais



compatível com as premissas desse estudioso do que com uma leitura kuhniana ou lakatosiana.

A elaboração de estudos voltados a episódios históricos para lançar luzes sobre a construção de epistemologias normativas remete, principalmente, ao início dos anos 1960, quando se apresentou uma fértil proliferação de trabalhos com tal viés para a construção de modelos de racionalidade e de progresso científico. Destacamos desse período a publicação da primeira edição de “A estrutura das revoluções científicas”, de Thomas Kuhn, em 1962; a publicação da primeira edição de *Contra o Método*, de Paul Feyerabend, em 1975<sup>2</sup>; a conferência organizada por Lakatos, no Bedford College de Londres, em 1965, da qual participaram Popper, Kuhn, Feyerabend, entre outros; e a subsequente publicação do mais influente trabalho de Lakatos, *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*<sup>3</sup>, editado em parceria com Allan Musgrave. Esse movimento ficou conhecido como “virada historicista” e, em linhas gerais, reuniu diversos autores dispostos a utilizar episódios da história da ciência para refutar e criticar as narrativas do positivismo lógico e do falseacionismo popperiano sobre o funcionamento da ciência.

A situação muda radicalmente, a partir dos anos 60, com o que se costuma chamar “virada historicista”: a vontade de dar conta da história real da ciência, ou seja, de construir modelos de mudança científica adequados às ciências tal e como elas se desenvolvem efetivamente no curso de sua história passa a primeiro plano. A perspectiva diacrônica converte-se em tema central entre os filósofos da ciência (MOULINES, 2020, p. 128).

Outro autor da virada historicista com importante destaque, apresentado no início deste ensaio, foi Larry Laudan. Em sua extensa lista de publicações, destacamos *O progresso e seus problemas*, de 1977. Nele, Laudan aponta, com bastante propriedade, a dicotomia entre o caráter normativo e o explicativo das propostas epistemológicas: “A pesquisa real do cientista viola quase todas as regras metodológicas a que ele adere da boca para fora” (LAUDAN, 2011, p. 82). O caráter normativo aponta para a necessidade de se estabelecerem normas e métodos para o progresso racional da ciência. O segundo, por outro lado, está relacionado com a necessidade de narrar a evolução real da ciência.

---

<sup>2</sup> Vale a ressalva de que, apesar da publicação do livro ser apenas de 1975, ele é fruto de longo período de hibernação e de acaloradas discussões com Lakatos, conforme exposto pelo autor em seu prefácio à primeira edição.

<sup>3</sup> Neste trabalho, encontram-se os textos “A metodologia dos programas de investigação científica” e “História da Ciência e suas Reconstruções Racionais”, ambos de Lakatos.

Revista Paranaense de Filosofia, v. 1, n. 2, p. 111-128, Jul./Dez., 2021.

ISSN: 2763-9657



Dificuldades surgem com a análise de episódios históricos, pois, nem sempre, a descoberta de leis, a formulação de teorias ou as suas refutações ocorreram de maneira completamente racional.

Não obstante, o próprio conceito de racionalidade científica guarda seus aspectos obscuros e subjetivos. Por vezes, ao analisarmos episódios da história da ciência, podemos classificar aspectos metafísicos, místicos, políticos ou religiosos como influências “externas” ao desenvolvimento científico e, portanto, irracionais. Laudan, porém, defende que um exame histórico mais apurado nos levaria a considerar tais influências como racionais, se consideradas em seu ambiente original.

O fato de um cientista do século XX não reconhecer a força de uma objeção feita a uma teoria com bases filosóficas ou religiosas não significa que se obtenha uma compreensão da racionalidade da ciência mais antiga ignorando-se tais fatores. Se uma cultura de certa época tem um conjunto arraigado de doutrinas religiosas ou filosóficas para o entendimento da natureza, é perfeitamente racional avaliar as novas teorias ou tradições de pesquisa científicas à luz de sua capacidade de se acomodar dentro desse sistema anterior de crenças e pressupostos. (LAUDAN, 2011, p.180).

Lakatos, por sua vez, aponta, em seu *History of science and its rational reconstruction*, que o conceito de racionalidade guarda certa subjetividade, já que o próprio ser humano não é um animal completamente racional: “O que faz parte da história interna da ciência, portanto, depende de sua filosofia, esteja ele ciente disso ou não” (LAKATOS, 1983, pág. 106). Na sequência da citação acima, o autor argumenta que o historiador da ciência, seguidor de sua metodologia dos programas de pesquisa, dará pouca atenção à história externalista da ciência, possivelmente passando brevemente por ela em uma nota de rodapé. Os dois autores divergem quanto ao caráter racional de tais fatores constituintes dessa história externalista e isso se mostra presente em uma possível reconstrução de episódios da história da ciência norteados por suas respectivas propostas epistemológicas.

## 1 A QUESTÃO DO PROGRESSO DA CIÊNCIA

A sucessão de teorias em uma determinada área científica e seu possível caráter progressivo é uma questão que, apesar de manter grande relevância e atualidade, foi discutida por diversos autores, como Popper, Kuhn, Lakatos, Laudan, dentre tantos outros. O progresso na ciência é descrito por Popper como uma sequência de conjecturas e

Revista Paranaense de Filosofia, v. 1, n. 2, p. 111-128, Jul./Dez., 2021.

ISSN: 2763-9657

Universidade Estadual do Paraná



refutações; por Kuhn, como uma sucessão de paradigmas e, por Lakatos, como uma competição de programas de pesquisa, apenas para citar três propostas metodológicas distintas.

O eclipse solar total ocorrido em 1919 é narrado como a primeira grande verificação empírica da Teoria Geral da Relatividade, formulada por Albert Einstein quatro anos antes. Para Popper, a título de exemplo e justificativa, esse experimento foi a grande confirmação empírica das novas ideias de Einstein e foi utilizado para justificar sua tese de que hipóteses mais científicas são aquelas com maior grau de verificação empírica e para defender sua particular forma de realismo<sup>4</sup>.

A teoria de Einstein foi testada pela primeira vez pelo famoso experimento de Eddington, no eclipse de 1919. Apesar de descrever na verdade de sua teoria, que considerava somente como uma nova e importante aproximação da verdade, Einstein nunca duvidou do resultado desse experimento; a coerência de sua teoria, sua lógica interna, convenceu-o de que ela constituía um passo à frente, apesar de acreditar que não era verdadeira. (Popper, 2010, p. 120)

Muitos trabalhos de divulgação trazem, simplificada, que as posições de um grupo de estrelas, medidas durante o eclipse, serviram como “teste decisivo” ou, para usarmos um termo mais consagrado na literatura, um “experimento crucial” para verificar qual das duas teorias – a gravitação de Newton ou a Relatividade Geral de Einstein – melhor descreve a interação entre raios de luz e campos gravitacionais, como o do Sol. Antes de mais detalhes, reforçamos que, em um aspecto Laudan, pertence a uma mesma tradição que engloba o trio citado acima (Popper, Lakatos e Kuhn) e remete, pelo menos, até Duhem. Trata-se da negação da tese, segundo a qual teorias científicas bem estabelecidas sejam refutadas pura e simplesmente pela existência de anomalias empíricas. Essa tese, negada também por Laudan, tornou-se bastante conhecida como falseacionismo ingênuo.

Observemos uma breve citação de como Popper nega esta forma crua e simplista de falseacionismo:

Dizemos que uma teoria foi refutada somente quando aceitamos enunciados básicos que a contradizem. Essa condição é necessária, mas não suficiente, pois as ocorrências singulares não reprodutíveis não têm significação para a ciência. Por isso, uns poucos enunciados básicos dispersos que contradigam uma teoria dificilmente nos induzirão a rejeitá-la como refutada. Só a consideraremos refutada

---

<sup>4</sup> Apesar de se considerar um realista, Popper não defendia o “essencialismo”, ou seja, argumenta que novas teorias, com maior conteúdo empírico, podem ser melhores aproximações da realidade do que outras, mas, ainda, aproximações.



se descobrirmos um efeito reprodutível que refute a teoria. (POPPER, 2010, 148)  
Verificar referência.

Lakatos também apresenta ponto de vista similar e utiliza alguns importantes episódios da Astronomia para negar tal falseacionismo ingênuo, ressalta como o conceito de “experimento crucial” não costuma ser, num primeiro momento, assim classificado, uma vez que o falseamento de uma teoria ou até mesmo de um programa de pesquisa não ocorre sem a presença de uma explicação alternativa.

Nossas considerações explicam por que experiências cruciais só são vistas como cruciais décadas mais tarde. De um modo geral, as elipses de Kepler só foram admitidas como prova crucial a favor de Newton e contra Descartes uns cem anos depois da reivindicação de Newton. O comportamento anômalo do periélio de Mercúrio foi conhecido durante decênios como uma das muitas dificuldades ainda não resolvidas do programa de Newton; mas só o fato de que a teoria de Einstein o explicava melhor transformou uma aborrecida anomalia numa brilhante refutação do programa de pesquisa de Newton. (LAKATOS, 1979, p. 195)

Que a sucessão de teorias não ocorra após simples confronto entre uma teoria e observação do comportamento da natureza (relação bipartite), mas necessita de uma nova teoria que, quando comparada à anterior, apresente maior conteúdo empírico, é uma tese defendida e bastante elaborada por Pierre Duhem. O professor José Raymundo Novaes Chiappin apresenta, em um de seus artigos, a figura do pensador francês, do século XIX, como precursor de Popper, Lakatos e Kuhn acerca dessa questão.

O debate entre as concepções de ciências de Duhem e Poincaré é bastante semelhante e antecede o debate entre as concepções de ciência de Popper, com o aperfeiçoamento de Kuhn e Lakatos, e dos positivistas lógicos, com sua abordagem limitada à análise da lógica e ao método experimental como instrumentos de escolha de teorias. (CHIAPPIN, 2015, p. 3)

Sobre essa questão, podemos inserir a posição de Laudan dentro desta vasta tradição. Em seu livro *O progresso e seus problemas*, são muitas as passagens em que ele reforça que, na história da ciência, a incompatibilidade entre teorias e observações pontuais de certos fenômenos não geraram mais do que anomalias e estas, por sua vez, são insuficientes para refutar teorias, muito menos tradições de pesquisa, que são definidas como estruturas conceituais mais abrangentes: “as anomalias constituem objeções importantes, mas não necessariamente decisivas, a qualquer teoria que as apresente” (LAUDAN 2011, p. 39).

Faremos uma breve descrição do episódio histórico escolhido como estudo de caso de algumas das teses de Laudan, mas adiantamos desde já que a gravitação newtoniana, Revista Paranaense de Filosofia, v. 1, n. 2, p. 111-128, Jul./Dez., 2021.



apesar de seu enorme sucesso empírico e conceitual atestado ao longo dos séculos XVIII e XIX, também conviveu com anomalias. Dente elas, podemos citar o movimento realizado pelo planeta Mercúrio nas proximidades de seu periélio.

Antes do início do século XX, a teoria de Newton “convivia pacificamente” com tal anomalia, uma vez que não havia teoria rival que a explicasse. Nesse aspecto, o episódio confirma excepcionalmente bem um argumento de Laudan em seu livro, ao descrever que “toda vez que um problema empírico,  $p$ , tiver sido resolvido por alguma teoria, então  $p$  passa a constituir uma anomalia para toda teoria no campo relevante que não a resolva” (LAUDAN, 2011, p. 43). Certamente, pelo menos nesse aspecto, não há divergência entre ele e seus principais contemporâneos, como argumentamos até este ponto.

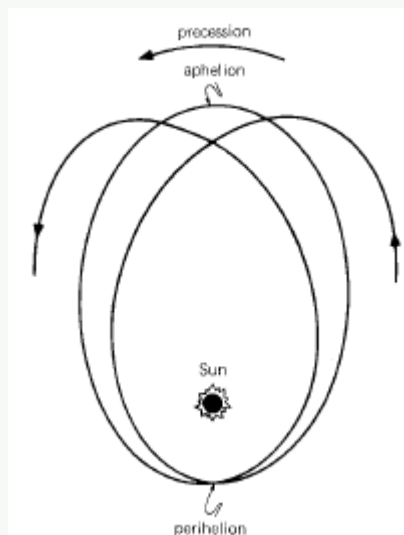


Figura 1: órbita de Mercúrio ao redor do Sol realiza movimento de precessão (43"/século)

Todavia, talvez Laudan esteja sendo demasiadamente exagerado ao afirmar que um problema empírico se configure como anomalia para uma teoria *apenas* a partir do momento em que seja resolvido por outra. Ainda na continuação da mesma citação, ele afirma que “os problemas não resolvidos só são considerados genuínos quando já não são não resolvidos”<sup>5</sup>. Feita essa ressalva acerca de um possível exagero em sua ênfase, o episódio corrobora sua argumentação, o problema do periélio de Mercúrio e os dados obtidos pela observação do eclipse de 1919 se configuraram sérias objeções à teoria de

<sup>5</sup> Minha impressão geral é a de que, mesmo na ausência de teorias alternativas, as anomalias são reconhecidas como problemas, mas sem a força de refutar teorias. Se assim o fosse, incorreríamos em uma forma de falseacionismo ingênuo.



Newton apenas porque a relatividade geral os resolvia de forma amplamente satisfatória. Partiremos, a seguir, para a descrição do episódio e, posteriormente, avaliaremos a sua adequação em relação a mais algumas teses laudanianas.

Em suma, buscamos apontar nesta seção inicial as principais dificuldades que devem ser enfrentadas por um exame historiográfico da ciência. Da mesma forma que buscamos evitar uma forma de falseacionismo ingênuo entre teoria e dados empíricos, também procuramos evitar uma modalidade ingênua de adequação entre a proposta de Laudan e a narrativa das medições do eclipse de 1919. O evento poderia ser descrito à luz de outras propostas, como a de Kuhn ou Lakatos. Contudo, acreditamos que existam diferentes graus de adequação e compatibilidade, vantagens e desvantagens das diferentes descrições, além de uma leve superioridade da descrição laudanianiana. Reservaremos comentários mais detalhados sobre isso na parte final deste ensaio, além de sua justificativa. São muitos os cuidados que urgem em uma tentativa de não acomodar exageradamente uma teoria a um episódio histórico, ou um episódio histórico a uma particular teoria da dinâmica e evolução do conhecimento científico. Para análise mais detalhada dessa problemática, conferir (MARTINS, Como não escrever sobre história da física—um manifesto historiográfico. Revista Brasileira de Ensino de Física 2001)

## **2 ANTECEDENTE: O ECLIPSE DE 1914 E O FRACASSO DE EINSTEIN**

Após a publicação dos alicerces cinemáticos da Teoria da Relatividade no artigo intitulado *Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento*, de 1905, Einstein volta seus esforços para a tentativa de incluir a gravitação em sua teoria. Genericamente, podemos dizer que a relatividade especial é uma reformulação da cinemática de Galileu, bem como uma teoria dinâmica, pois reformula os princípios de conservação da energia e momento angular, de forma que eles se compatibilizaram com as equações de Maxwell. Porém, a teoria não envolvia a gravitação. O insight para formular uma nova gravitação relativística começa a aparecer em 1907, com a descoberta de Einstein quanto ao princípio da equivalência entre efeitos acelerativos e gravitacionais

Em 1911, após um período de quatro anos nos quais se concentrou mais em problemas relacionados aos quanta de luz, Einstein envia aos *Annalen der Physik* um





trabalho intitulado *Sobre a influência da gravidade na propagação da luz*. Nesse texto, ele oferece sua primeira possibilidade de verificação empírica à nova teoria ao afirmar o quanto um raio de luz sofreria de desvio ao atravessar uma região do espaço próxima do Sol. A partir de 1912, ele começa a elaborar uma teoria para descrever os campos gravitacionais com a ajuda do matemático Marcel Grossman, um importante colaborador, especialmente no auxílio com as geometrias não euclidianas, necessárias para descrever a gravitação em um universo de três ou mais dimensões. Grossman sugeriu a adoção da geometria riemanniana, especialmente o conceito de métrica, que especifica como calcular a distância entre dois pontos em um espaço curvo. Fisicamente, Einstein impôs três condições à sua teoria dos campos:

- a) Deveria ser compatível com a física newtoniana para o caso particular de campos gravitacionais fracos.
- b) Deveria preservar os dois grandes princípios de conservação clássicos: conservação da energia e do momento linear.
- c) Deveria satisfazer o princípio da equivalência entre observadores que estão genericamente covariante. Acelerando uniformemente e outros que se encontram em repouso, sujeitos a campos gravitacionais equivalentes.

Sua grande dificuldade foi encontrar equações que conseguissem satisfazer, ao mesmo tempo, suas exigências físicas e matemáticas. Em meio a essas dúvidas, surgiu a oportunidade de testar sua teoria com o eclipse solar de 1914.

O astrônomo Erwin Freundlich se interessou por realizar esse experimento, supostamente crucial. Einstein ficou imensamente entusiasmado com essa possibilidade de testar sua nova nascente teoria, tanto que ele ofereceria seus próprios recursos para a sua realização, caso a academia de Berlin não aceitasse financiar a expedição para observar o eclipse. Einstein escreveu a Freundlich:

“se tudo falhar, então eu mesmo pagarei as despesas com o pouco que economizei, pelo menos 2 mil marcos” o principal, enfatizou, era que Freundlich prosseguisse com os preparativos. “Siga em frente e peça as placas fotográficas, e não desperdice tempo por causa do problema do dinheiro” (ISAACSON, 2007, p. 219).

A expedição para observar o eclipse deveria ser montada na região da Crimeia, na Rússia, e paralelamente na cidade de Córdoba, na Argentina. Apenas quatro meses antes da



data esperada, a Europa mergulhou na Primeira Guerra Mundial, Freundlich e seus assistentes foram presos e tiveram o equipamento tomado pelos russos. O fracasso da expedição, porém, trouxe algo muito positivo para Einstein: suas previsões estavam erradas. Após encontrar suas equações definitivas, ele faria uma previsão próxima do dobro dos valores dessa tentativa inicial.

O trabalho de Einstein *Sobre a influência da gravidade na propagação da luz*, de 1911, e suas equações do Entwurf, no ano seguinte, haviam calculado que a luz sofreria um desvio de aproximadamente 0,85 segundos de arco quando passasse perto do Sol, o mesmo que teria sido previsto por uma teoria de emissão como a de Newton, tratando a luz como partículas. A tentativa de fazer esse teste durante o eclipse de 1914 na Crimeia fora abortada pela guerra, assim, Einstein escapara da potencial vergonha do resultado mostrar seu erro. (ISAACSON, p. 270)

### 3 A CONFIRMAÇÃO EXPERIMENTAL EM 1919

Se, em 1914, a Relatividade de Einstein previa os mesmos resultados de Newton, suas correções, em 1915, levavam em conta a curvatura do espaço-tempo causada pela gravitação. Suas novas previsões estimavam que um raio de luz viajando pelo espaço, nas proximidades do Sol, sofreria um desvio gravitacional maior do que a previsão clássica, aproximadamente o dobro. O astrônomo britânico Arthur Eddington, por meio de Willem de Sitter, toma conhecimento, com entusiasmo, do trabalho de Einstein e da possibilidade de verificar experimentalmente as previsões da Relatividade Geral que acabara de ser concebida. Então, com o auxílio do astrônomo Frank Dyson, chefia uma equipe britânica em uma expedição para realizar esse experimento que ganhará fama como uma das primeiras verificações experimentais da Teoria da Relatividade. O experimento de Sobral ganhou, inclusive, cunho político, uma vez que se propunha a testar a teoria de um alemão que aparentemente “desafiava” o legado de Newton, em meio à guerra entre as nações.

O eclipse aconteceria no dia 29 de março de 1919, e Dyson ressaltou que seria uma oportunidade única. O Sol estaria então em meio a um rico aglomerado de estrelas conhecido como as Híades, que nós, observadores comuns, reconhecemos como o centro da constelação de Touro. Mas não seria conveniente. O eclipse seria mais visível numa faixa que atravessava o Atlântico perto do Equador, na costa do Brasil à África Equatorial. Nem seria simples, enquanto se pensava na expedição, em 1918, havia submarinos alemães na região, e seus comandantes estavam mais interessados no controle dos mares que na curvatura do cosmos. (ISAACSON, p. 297)



Duas expedições chefiadas por Eddington realizaram observações simultâneas do eclipse, uma na cidade de Sobral e outra na Ilha do Príncipe, na África, no dia 29 de maio de 1919, com o intuito de observar estrelas angularmente próximas ao disco solar para comparar com suas posições angulares relativas, medidas anteriormente, sem a sua presença. A equipe que se dirigiu para a Ilha do Príncipe, na qual Eddington se encontrava, encontrou um céu nublado e chuvoso durante a manhã, mas que, por fim, não impediu as observações, que ocorreram por volta das 15h30. Ao todo, foram tiradas 16 fotos, apesar do céu ainda nublado. No Brasil, o céu estava limpo, porém o forte calor interferiu em alguns aparelhos, embaçando algumas fotografias, aumentando o desvio padrão de suas medidas.

As observações na Ilha do Príncipe foram feitas em dois pratos, com quatro medidas angulares, cujos resultados aparentemente não lhes deixaram dúvidas de que confirmam as previsões de Einstein. A média dessas medidas apresenta o valor de 1,65”, o que “evidentemente concorda com o valor de 1,76” previsto por Einstein” (EDDINGTON, 1920, pág. 327). Já a expedição que se dirigiu a Sobral, composta por A.C.D. Crommelin e C. Davidson, optou por considerar, ao final das medidas, apenas as medidas obtidas pelo telescópio de quatro polegadas. O desvio médio causado, aparentemente, pela presença do disco solar foi de 1,94” em declinação e 2,06” em ascensão reta. Os resultados em declinação apresentaram o dobro do peso no cálculo da média, o que resulta, finalmente, em um desvio médio de 1,98”, com desvio de 0,12”.



Figura 2: Da esquerda para a direita (equipe brasileira): Equipe Brasileira: Luiz Rodrigues (1°), Theophilo Lee (2°), Henrique Morize (4°), Allyrio de Mattos (7°), Domingos Costa (9°), Lélío Gama (10°), Antônio C. Lima (11°) e Primo Flores (12°). Equipe inglesa: Charles Davidson (5°) e Andrew Crommelin (6°). Equipe Americana: Daniel Wise (3°) e Andrew Thomson (8°) Foto: Acervo Observatório Nacional

Esse resultado, informado no artigo de Eddington, Dyson e Davidson, está em bom acordo com a previsão de Einstein. Muitos historiadores da ciência, porém, acusam certa arbitrariedade na escolha dos resultados que, por interferência do calor sobre os equipamentos, deveriam ser descartados na análise final. A seleção poderia ter sido influenciada pela crescente popularidade da teoria de Einstein entre os físicos e pelo desgaste já apresentado pelo programa newtoniano desde o século XIX.

Algumas fotos particularmente boas tiradas no Brasil indicavam um desvio de aproximadamente 1,98 segundos de arco, as mais afetadas pelo calor apresentaram valor de 0,98 segundos de grau, com maior margem de erro. Hoje em dia, permanecem poucas dúvidas com relação ao fato de que Eddington, no que foi acompanhado por Dyson e Davidson, seus companheiros no artigo que apresentou os resultados das expedições, deliberadamente deixou de lado esses resultados. (VIDEIRA, 2019, p. 4)

Os autores apresentaram graficamente seus resultados, acompanhados das previsões clássicas e relativísticas, a fim de ilustrar e de reforçar como consideraram o experimento uma confirmação empírica da previsão relativística.

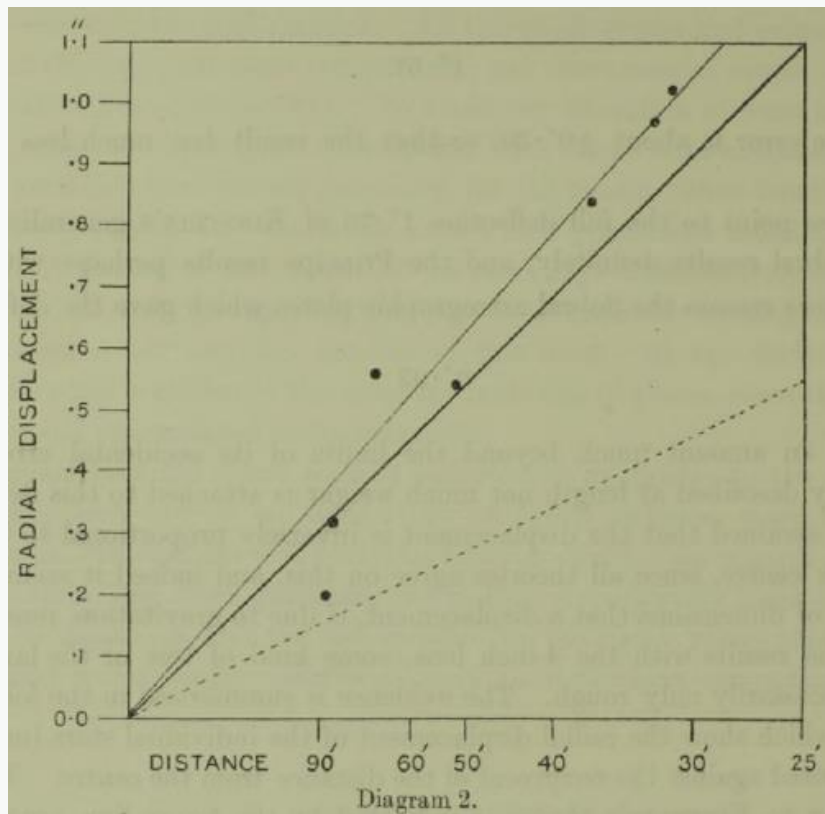


Figura 3: gráfico apresentado pela equipe de Eddington: a previsão newtoniana aparece pontilhada, a de Einstein em traço forte e a curva experimental em traço fraco. (DYSON, 1920)

A conclusão de Eddington logo chega ao conhecimento de Einstein, por meio de um telegrama enviado por Lorentz. Estava acompanhado por sua aluna de pós-graduação, Ilse Schneider, ao tomar conhecimento do resultado positivo. A reação dele foi serena, apenas gesticulando “eu sabia que a teoria estava certa”. Então, ela lhe pergunta sobre sua reação caso o experimento não corroborasse a Teoria da Relatividade, sua resposta tornou-se emblemática: “Aí eu teria pena do bom Deus, a teoria está certa” (ISAACSON, 2007, p. 273).

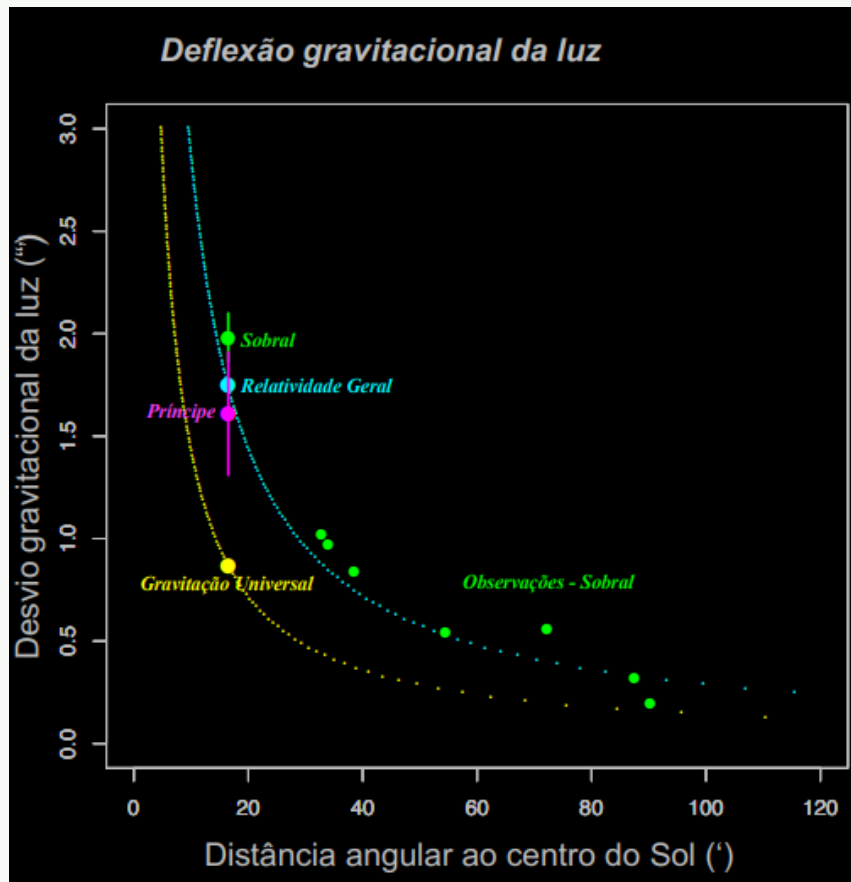


Figura 4: neste gráfico, mantida a escala original, também é possível observar a compatibilidade entre as medidas e a previsão da Relatividade Geral (créditos: Ramachrisna Teixeira)

#### 4 O EPISÓDIO ENQUANTO ESTUDO DE CASO DA EPISTEMOLOGIA DE LAUDAN

A descrição do episódio de Sobral, desde sua preparação e da tentativa fracassada na Crimeia, em 1914, sugere-nos que se tratava de uma disputa entre duas teorias<sup>6</sup> e da possibilidade, dada pela ocorrência de um fenômeno natural relativamente raro, da realização de um experimento crucial (por mais polêmico que seja, em filosofia da ciência, falar em experimentos cruciais e de o próprio Laudan alertar para o fato de que tais experimentos só são assim classificados posteriormente).

A existência dessa disputa entre os dois sistemas teóricos, que motivou o investimento nas robustas viagens de 1914 e 1919, ressalta um aspecto curioso apontado

<sup>6</sup> Laudan chama a atenção para o fato de diferentes definições de “teoria” serem muito recorrentes. Neste caso, estamos utilizando a definição mais abrangente do termo: um conjunto orgânico de leis interrelacionadas entre si com o propósito de explicar determinado aspecto da natureza.

Revista Paranaense de Filosofia, v. 1, n. 2, p. 111-128, Jul./Dez., 2021.

ISSN: 2763-9657

Universidade Estadual do Paraná





por Laudan: a existência e o peso dos problemas conceituais. Em que domínio havia uma disputa entre as duas teorias? O desgaste do sistema newtoniano e a expectativa no triunfo das previsões a favor da teoria da relatividade, existentes antes mesmo da análise dos dados, não podem ser racionalmente explicados como apenas consequência de anomalias empíricas, por mais que elas existissem.

Por outro lado, já no século XIX a gravitação de Newton enfrentava alguns espinhosos problemas conceituais. Um dos maiores deles tinha relação com o eletromagnetismo. A construção das equações de Maxwell ressaltava a constância da velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas para os diferentes referenciais inerciais, em contradição com o princípio da adição de velocidades de Galileu (pressuposto sem o qual a mecânica de Newton não se sustenta). Tal contradição entre a mecânica e o eletromagnetismo clássico é nítida tanto no artigo de Einstein de 1905 – *Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento* –, quanto em seu artigo cosmológico de 1917, *Considerações cosmológicas sobre a relatividade geral*, o qual Einstein inicia fazendo ponderações sobre o universo newtoniano e utilizando a equação de Poisson, combinada com a distribuição de Boltzmann, para concluir que o modelo cosmológico de Newton, conceitualmente, não se sustenta.

Laudan se afasta de Kuhn e Lakatos ao dar um peso significativo aos problemas conceituais em uma disputa entre teorias. Aparentemente, os dois atribuem peso muito maior às anomalias e às verificações empíricas como fator determinante em uma sucessão de paradigmas ou competição entre programas de pesquisa. O episódio do eclipse de Sobral é um importante caso em que problemas conceituais levaram a um desgaste de uma teoria, até então, abundantemente consagrada e à ascensão de um novo e complexo sistema teórico, atrelado a uma nova visão de mundo, inicialmente sem comprovação empírica. Essa nova teoria revelou-se, rapidamente, promissora ao resolver anomalias, até então, de pouca importância.

É fundamental ressaltar, desde o começo, que um problema conceitual, em geral, será mais sério que uma anomalia empírica... Essa diferença de peso acontece não porque a ciência é mais racionalista que empírica, mas porque costuma ser mais explicar um resultado experimental anômalo do que rejeitar de saída um problema conceitual. (Laudan, 2011, p. 91)



Este é o principal aspecto que gostaríamos de destacar neste breve ensaio: o desenrolar dos fatos e a posição ocupada pelos dados empíricos, colocam a abordagem laudaniana, em nossa modesta opinião, em posição de destaque se comparada às principais epistemologias alternativas. Primeiramente, houve um importante problema conceitual e uma interessante competição se configurou entre as previsões de Newton e Einstein, antes mesmo da obtenção de dados empíricos. Posteriormente, cientistas de diversos países perceberam a oportunidade de observar o eclipse e de produzir uma comparação empírica que pudesse ser confrontada com ambas as previsões teóricas.

Laudan se compara, por diversas vezes ao longo de seu *O progresso em seus problemas*, a Kuhn e Lakatos (conferir capítulo 4 desta obra) e ressalta que um dos principais pontos de divergência se dá no papel atribuído aos problemas conceituais. Faz importantes críticas a Kuhn por não deixar clara a diferença entre ciência normal e crise, no sentido de não estabelecer critérios de identificação do ponto de ruptura entre ambas, além de ignorar a possibilidade de coexistência de múltiplos paradigmas, algo bastante observado na análise histórica da ciência. Lakatos não incorre nessa dificuldade, uma vez que salienta a existência de competição entre programas de pesquisa.

Não obstante, a presença de uma série de teorias, que Lakatos insere no chamado “cinturão de proteção” dos programas de pesquisa, delimitado pela heurística positiva, caracteriza-se progressiva empiricamente. Restringir a comparação de teorias apenas pela avaliação entre seus conteúdos empíricos é uma crítica bastante robusta feita por Laudan aos programas de pesquisa lakatosianos.

Tal atitude é equivalente a ignorar, ao longo da reconstrução de um episódio da ciência, o papel exercido pelos problemas conceituais, que podem surgir de uma falta de articulação e de coerência interna de uma teoria, ou por sua dificuldade em harmonizar-se com outra teoria “externa” e mais abrangente, considerada por grande parte de seus próprios defensores e proponentes. Traços desse segundo tipo de problema podem ser identificados na mecânica newtoniana na virada do século XIX para o século XX, dados o avanço do eletromagnetismo de Maxwell e a constância da velocidade da luz no vácuo, que levaria, como corolário, à equivalência entre os diferentes referenciais inerciais descritos pela relatividade restrita (EINSTEIN, 1905). A incompatibilidade entre o movimento do



periélio do planeta Mercúrio, observado e previsto pela teoria de Newton, ocupava, até o século XIX a posição de apenas uma “chata e persistente” anomalia.

A tese que defendemos é a de que, principalmente pelo papel ocupado pelos problemas conceituais, o evento de Sobral aparenta, do ponto de vista descritivo, configurar-se como uma excelente corroboração da concepção de progresso fornecida por Laudan, baseado na solução de problemas. O episódio harmoniza-se mais com sua concepção de ciência, na qual uma mudança progressiva caracteriza-se por uma evolução de três variáveis: problemas conceituais, problemas empíricos e anomalias, não apenas nos dois últimos, à revelia de Kuhn e Lakatos.

## REFERÊNCIAS

- BEZERRA, Valter Alnis. *Schola quantorum: progresso, racionalidade e inconsistência na antiga teoria atômica Parte II: crítica à leitura lakatosiana*. Scientiae Studia [online]. 2004, v. 2, n. 2
- CHIAPPIN, J. R. N, LEISTER, C. *Duhem como precursor de Popper, Kuhn e Lakatos sobre a metodologia da escolha racional de teorias*. da dualidade à trialidade metodológica. Veritas: revista de Filosofia da PUCRS, v.60, n.2, maio-agosto. 2015.
- DYSON, F.W, EDDINTON, A.S. and DAVIDSON, C.R.1920, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, series A 220, 291-330.
- Einstein, A. (1917). *Considerações cosmológicas sobre a teoria da relatividade geral*. Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. Sitzungsberichte der Königlich preussischen Akademie der Wissenschaften, 142-152.
- EINSTEIN, A. *Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento*. In: Lorentz, H. A.; Einstein, A. & Minkowski, H. Princípio de relatividade. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1958 [1905]. p. 47-86.



ISAACSON, V. *Einstein: sua vida, seu universo*, Companhia das letras, 2007.

JAMMER, M. *Concepts of Space: The History of Theories of Space in Physics*. Cambridge: Harvard University Press, 3ª edição, 1993.

KUHN, T. *Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Perspectiva. 1975.

LAKATOS, I. “*O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica*”.

LAKATOS, I; MUSGRAVE, A. (Org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Editora Cultrix/Editora da Universidade de São Paulo, 1979, p. 109-243.

\_\_\_\_\_. *History of science and its rational reconstructions*. In: HACKING, I. (org.) *Scientific revolutions*. Hong-Kong: Oxford University, 1983.

LAUDAN, Larry (2011). *O progresso e seus problemas: Rumo a uma teoria do crescimento científico*. Trad. por Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora Unesp, 2011.

MARTINS, Roberto de Andrade. *Como não escrever sobre história da física—um manifesto historiográfico*. Revista Brasileira de Ensino de Física. 2001. Edição 23 (1), 113-129.

Moulines, Carlos Ulises. *O desenvolvimento moderno da filosofia da ciência (1890–2000)*. Associação Filosófica Scientiæ Studia, 2020.

POPPER, Karl Raimund. *Textos Escolhidos*. Org. David Miller. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed PUC-Rio, 2010.

SALES, Cláudia Linhares; MOREIRA, Ildeu de Castro; DIÓGENES, Carolina do Areal Barra (organizadores). *Centenário do eclipse de Sobral* [recurso eletrônico]: 1919-2019. São Paulo: SBPC, 2021.



VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. *Henrique Morize e o eclipse solar total de maio de 1919*. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2019, vol.41, suppl.1, e20190135. Epub Dec 13, 2019. ISSN 1806-9126.

Zahar, Elie. *Why did Einstein's programme supersede lorentz's?* British Journal for the Philosophy of Science 24 (3):223-262. 1973.

\_\_\_\_\_. *Why did Copernicus's research programme supersede Ptolemy's?* Cambridge University Press. 2012.

### AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Prof. Dr. Ramachisna Teixeira pelas discussões sobre o experimento de Sobral e fornecimento de material, ao Prof. Dr. Valter Alnis Bezerra por me inserir na fértil produção de Larry Laudan por meio de uma disciplina de pós-graduação, ao Prof. Dr. J.R.N. Chiappin pela paciente orientação e, finalmente, ao Prof. Dr. Ildeu de Castro Moreira pela gentil concessão de vasto material biográfico sobre as expedições em Sobral e na Ilha do Príncipe. Sem tais contribuições esse artigo não seria possível.

Danilo Miranda Rodrigues

---

*Recebido: 17/08/2021*

*Aprovado: 20/09/2021*