

Expedição do Observatório Real de Greenwich para Sobral em 1919 - Anotações Tomadas pela Comissão Britânica

Expedition of the Royal Greenwich Observatory to Sobral in 1919 - Notes Taken by the British Commission

Luis Carlos Bassalo Crispino*¹

¹Universidade Federal do Pará, Faculdade de Física, Belém, PA, Brasil

Recebido em 09 de Agosto de 2019. Aceito em 11 de Agosto de 2019

Este artigo trata da expedição do Observatório Real de Greenwich, com ênfase nas anotações realizadas pela comissão britânica, composta por Andrew C. D. C. Crommelin e Charles R. Davidson, enviada a Sobral para obter placas fotográficas exibindo estrelas próximas ao Sol, durante o eclipse de 29 de maio de 1919. Estas imagens acabaram por se tornar fundamentais para a comprovação da Teoria da Relatividade Geral.

Palavras-chave: Relatividade Geral, Eclipse Total do Sol, Deflexão da Luz.

This paper is concerned with the Expedition of the Royal Greenwich Observatory, with emphasis in the notes realized by the British commission, composed by Andrew C. D. C. Crommelin and Charles R. Davidson, sent to Sobral to obtain photographic plates exhibiting stars near the Sun, during the eclipse of May 29, 1919. These images ended up in being fundamental for the probing of the Theory of General Relativity.

Keywords: General Relativity, Total Solar Eclipse, Light Deflection.

1. Introdução

A primeira verificação experimental da Teoria da Relatividade Geral (TRG), proposta por Albert Einstein em 1915, foi realizada por meio da análise da posição aparente relativa de estrelas identificadas em placas fotográficas obtidas durante o eclipse total do Sol ocorrido em 29 de maio de 1919 [1, 2].

Para a observação deste eclipse foram organizadas, pelo Comitê Permanente Conjunto de Eclipses,¹ duas expedições britânicas. Criado no final do século XIX, este comitê era chefiado por Frank Watson Dyson, que no período entre 1910 e 1933 foi o Astrônomo Real do Reino Unido. Uma das expedições britânicas para o eclipse de 1919, composta por Arthur Stanley Eddington e Edwin Turner Cottingham, foi enviada para a Ilha do Príncipe, à época uma possessão portuguesa no Golfo da Guiné, na Costa Oeste da África. A outra expedição britânica, composta por Andrew Claude de la Cherois Crommelin (Fig. 1) e Charles Rundle Davidson (Fig. 2), foi enviada para a cidade de Sobral, no Estado do Ceará, no Nordeste brasileiro [3].

Crommelin e Davidson, juntamente com Eddington e Cottingham, partiram de Greenwich no dia 07 de março de 1919, deixando o porto de Liverpool no dia seguinte, a bordo do vapor *Anselm* (Fig. 3). O navio fez uma parada em Lisboa, e de lá seguiu para a Ilha da Madeira, onde desembarcaram Eddington e Cottingham, que ficaram

aguardando um navio que os transportaria para a Ilha do Príncipe. Permanecendo no vapor *Anselm*, Crommelin e Davidson seguiram viagem até o Brasil.

Após uma viagem pela Amazônia, desembarcaram em Belém, capital do Estado do Pará, onde permaneceram por alguns dias [5–7]. Saíram de Belém no dia 24 de abril, a bordo do vapor *Fortaleza*, rumo à Camocim, onde chegaram no dia 29. No dia seguinte foram de trem para Sobral, chegando no seu destino naquele mesmo dia (Fig. 4).

Na Ilha do Príncipe, Eddington e Cottingham utilizaram um único telescópio, composto pela lente objetiva, de 13 polegadas de diâmetro, pertencente ao telescópio astrográfico de Oxford. Em Sobral, Crommelin e Davidson utilizaram dois telescópios, um deles composto pela lente, também de 13 polegadas, pertencente ao telescópio astrográfico de Greenwich, e o outro composto pela lente de 4 polegadas da Academia Real da Irlanda (Fig. 5).

Em ambos os locais de observação, o dia do eclipse amanheceu com um céu encoberto de nuvens e, portanto, nada promissor. Na Ilha do Príncipe as nuvens permaneceram em frente ao Sol durante grande parte da totalidade, impedindo a obtenção de boas fotografias. Em Sobral, durante a totalidade, a região do céu onde estava o Sol pôde ser vista em meio às nuvens, permitindo a obtenção de imagens bem melhores que as da Ilha do Príncipe, algumas das quais sendo fundamentais para a comprovação da TRG.

Na Biblioteca da Universidade de Cambridge, no Reino Unido, há um caderno, em cuja capa está escrito [9]:

*Endereço de correspondência: crispino@ufpa.br.

¹ Tradução do inglês para “Joint Permanent Eclipse Committee”.

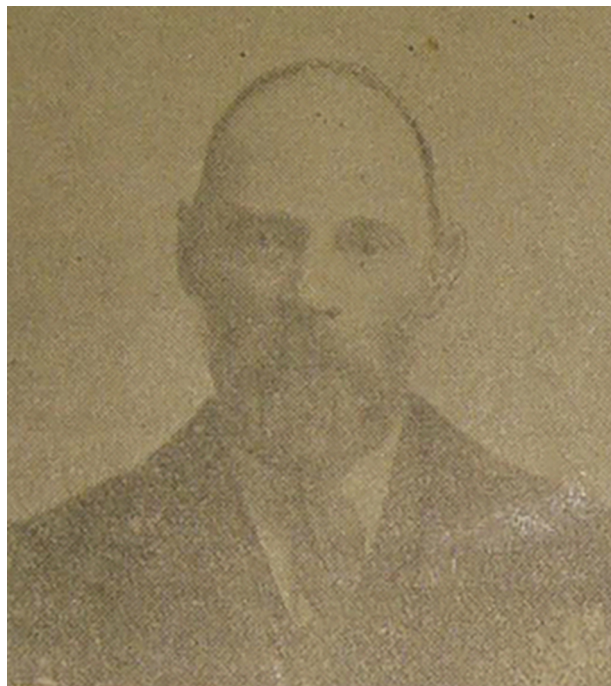


Figura 1: Andrew Claude de la Cherois Crommelin, em imagem publicada na edição de 20 de abril de 1919 do jornal “Estado do Pará” [4]. Cortesia da Biblioteca Pública Arthur Vianna, Belém, Pará.



Figura 2: Charles Rundle Davison, em imagem publicada na edição de 20 de abril de 1919 do jornal “Estado do Pará” [4]. Cortesia da Biblioteca Pública Arthur Vianna, Belém, Pará.

Eclipse Expedition
1919 May 29
—
Sobral
—

Neste caderno, que pode ser denominado *Caderno de Sobral*, encontram-se anotações variadas, incluindo o registro do conteúdo das caixas trazidas pelos britânicos para o Brasil, assim como diversos cálculos.

Dada a importância deste documento histórico, na Seção 2 deste artigo apresento as anotações, escritas na forma de diário, encontradas neste *Caderno de Sobral*, traduzidas para o português. Estas anotações são referentes ao período compreendido entre a chegada dos britânicos em Sobral, e a sua partida para Fortaleza, onde permaneceram cerca de um mês, antes de retornarem a Sobral para obter as fotografias comparativas do mesmo campo estelar do eclipse, sem a presença do Sol.

2. Notas da Comissão Britânica

Nesta seção apresentamos a tradução comentada das anotações realizadas pela comissão britânica em Sobral, no período entre 01 de maio e 07 de junho de 1919, contidas no *Caderno de Sobral*, depositado na Biblioteca da Universidade de Cambridge, no Reino Unido [9].²

² No Apêndice é apresentada a versão original, em língua inglesa, destas anotações.



Figura 3: Navio a vapor *Anselm*, em imagem publicada na edição de 24 de março de 1919 do jornal “Estado do Pará” [8], dia seguinte à sua chegada ao porto de Belém do Pará. Cortesia da Biblioteca Pública Arthur Vianna, Belém, Pará.

“Após a seleção do local para o acampamento na pista de corridas perto da casa,³ foi decidido construir pilares de tijolos para apoiar os dois celóstatos.⁴

³ Crommelin e Davison ficaram hospedados na casa do Coronel Vicente Saboya (Fig. 4), em frente à pista de corrida de cavalos (Jockey Club) da cidade de Sobral.

⁴ Crommelin e Davison levaram para Sobral os seguintes equipamentos: (i) A lente de 13 polegadas do telescópio astrográfico de Greenwich, utilizada com um redutor para 8 polegadas, que foi montada em um tubo cilíndrico de aço, acoplada a um celóstato de 16 polegadas; (ii) A lente fotográfica de 4 polegadas da Academia Real Irlandesa, que foi montada em um tubo de madeira de seção



Figura 4: Imagem exibindo a casa onde ficaram hospedados Crommelin e Davidson em Sobral. Cortesia da *Cambridge University Library*, Cambridge, Reino Unido.

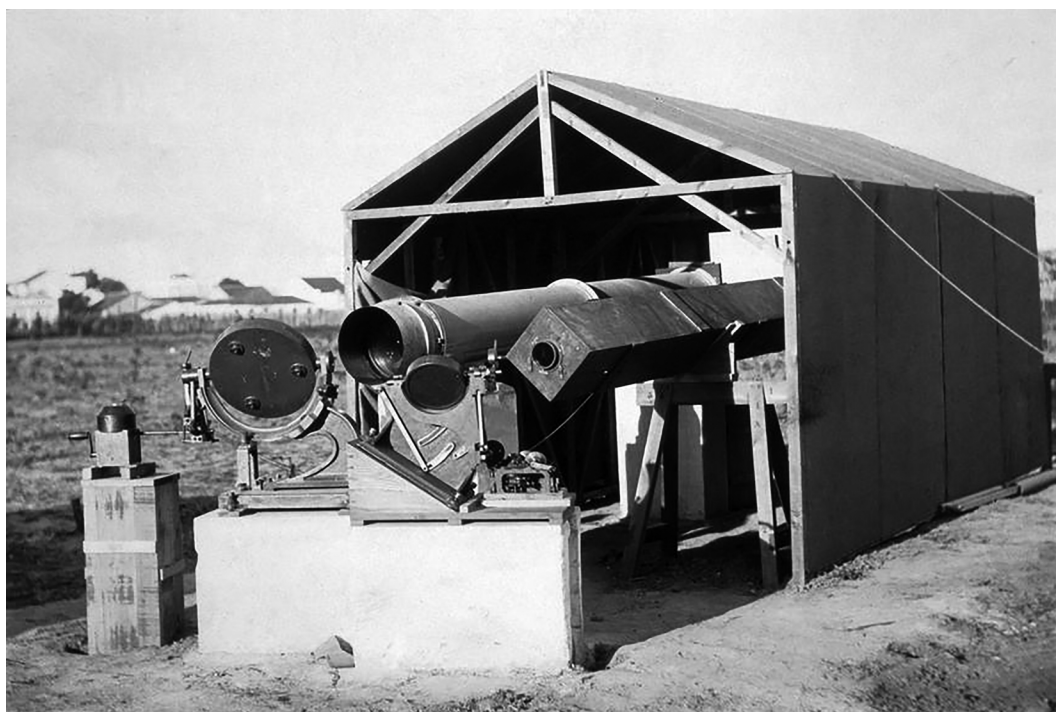


Figura 5: Telescópios montados em Sobral. A lente de 4 polegadas, montada no tubo de seção quadrada, operado por Crommelin, figura à direita. A lente de 13 polegadas, montada no tubo cilíndrico, operado por Davidson, figura à esquerda. Cortesia do *Science Museum/Science & Society Picture Library*, Londres, Reino Unido.

Isso foi feito nos primeiros dias e após a conclusão também foi decidido apoiar o telescópio astrográfico de 13 polegadas em pilares de tijolos. Estes foram concluídos em 9 de maio e o tubo do telescópio astrográfico foi colocado em posição no dia seguinte.

A lente de 20 pés⁵ foi focada em 7 de maio utilizando-se novos anteparos feitos para o astrográfico, já que os anteparos de papel foram inúteis.

Em 20 de maio a objetiva de vidro do astrográfico foi montada.⁶

Em 23 de maio tiraram-se fotos para o foco de 13 polegadas que revelaram um astigmatismo acentuado decorrente do espelho.

Houve ensaios em 26 e 27 de maio pela manhã, e em 27 de maio no início da noite com luz artificial. O seguinte programa foi decidido para [os instrumentos]

Lente de 4 polegadas. Crommelin^{7 8 9}

	Tempo Eclipse	¹⁸ 3 ^s –33 ^s	Exp	30 ^s
1	Tempo Eclipse	¹⁸ 3 ^s –33 ^s	Exp	30 ^s
2	"	43–73	42	30
3		83–113	80	30
4		123–153	119	30
5		163–193	158	30
6		203–233	196	30
7		243–273	235	30
8		283–313	274	30

reta quadrada, acoplada a um celóstato de 8 polegadas, também pertencente à Academia Real Irlandesa (ver Fig. 5).

⁵ A distância focal da lente fotográfica de 4 polegadas, da Academia Real Irlandesa, é referida nas anotações do *Caderno de Sobral* como sendo 20 pés. Já na Ref. [1] a esta lente de 4 polegadas é atribuída uma distância focal de 19 pés. Esta mesma lente de 4 polegadas, levada para a observação do eclipse total do Sol de 28 de abril de 1911, em Vavau, Ilhas Tonga, no Pacífico Sul, é descrita na Ref. [10] como tendo uma distância focal de 20 pés. Esta lente de 4 polegadas foi fabricada para a Academia Real Irlandesa por Howard Grubb para o eclipse de 1900 e foi utilizada por Aloysius Laurence Cortie nas observações dos eclipses do Sol de 1905, 1911 e 1914 [11]. Esta lente de 4 polegadas, assim como o celóstato de 8 polegadas (identificado com o número 4821), a ela associado, ambos da marca Grubb, fabricados em Dublin, na Irlanda, foram trazidos para exposição em Sobral, na ocasião do centenário do eclipse de 29 de maio de 1919.

⁶ Esta sentença refere-se à lente de 13 polegadas. A palavra “Astrographic” é utilizada nas anotações do *Caderno de Sobral* (por vezes escrita simplesmente como “Astro.”) essencialmente como referência ao telescópio montado com a lente de 13 polegadas, de Greenwich.

⁷ Crommelin ficou encarregado de operar o telescópio de 4 polegadas, da Real Academia Irlandesa, para obter 8 placas fotográficas de 10 × 8 polegadas.

⁸ Os textos inseridos aqui em cor cinza clara correspondem a anotações feitas com lápis no *Caderno de Sobral*.

⁹ Nota-se nestas anotações o registro de um programa de exposições de 30 segundos para cada uma das 8 placas fotográficas com a lente de 4 polegadas. No entanto, na Ref. [1] está registrado que estas placas fotográficas foram todas realizadas com exposições de 28 segundos.

Astrográfico 13 polegadas. Davidson^{10 11 12}

	Tempo	Exposição		
1	5 ^s –10 ^s	5 ^s		Imperial Ordinary
2	20–30	10 ^s		Empress
3	40–45	5 ^s		Empress
4	55–65	10		Sovereign
5	75–80	5		Ilford Special Rapid
6	90–100	10		" Special Rapid
7	110–115	5		" Special Rapid
8	125–135	10		Empress
9	145–150	5		Empress
10	160–170	10		Ilford Special Rapid
11	175–180	5		" " "
12	190–200	10	182	Empress
13	205–210	5	198	Empress
14	220–230	10	213	Ilford Special Rapid
15	240–245	5	232	" " "
16	255–265	10	247	" " "
17	275–280	5	266	Empress
18	290–300	10	280	"
19	310–315	5	300	Ordinary

Fotografias tiradas com o astrográfico mostraram que o melhor foco era a 11,0 mm e que a redução para 8 polegadas era absolutamente necessária.¹³ Também devido à variabilidade do relógio, a exposição mais curta possível era desejável. Isso nos fez decidir que as exposições deveriam ser 5s e 10s, e não mais longas.

As placas *Imperial* mostraram-se muito insatisfatórias e o filme era muito macio para ser revelado sob condições tropicais, e consequentemente placas *Ilford* foram usadas com 3 exceções.¹⁴

Os suportes de placas foram preenchidos na noite anterior ao Eclipse.

O dia do Eclipse amanheceu com algumas nuvens. A nebulosidade aumentou à medida que o dia progrediu e às 7:46, o momento do primeiro contato, o céu estava 9/10 nublado. O momento do primeiro contato sendo [portanto] nublado.

Nuvens pesadas cobriram o Sol durante boa parte do tempo antes da totalidade, mas uma abertura ocorreu pouco antes do início [da totalidade], que foi limpo. Cerca de 80s perto do meio da totalidade estava nublado, o restante limpo.

¹⁰ Davidson ficou encarregado de operar o telescópio astrográfico com a lente de Greenwich de 13 polegadas, com redução para 8 polegadas, para obter 19 placas fotográficas de 16 × 16 cm.

¹¹ De acordo com o que está registrado na Ref. [1], os intervalos de exposição das placas fotográficas, alternados entre 5 e 10 segundos de duração, foram realizados conforme o programado.

¹² As placas fotográficas utilizadas foram adquiridas dos fabricantes *Ilford* e *Imperial*. As placas levadas da marca *Ilford* foram *Special Rapid* e *Empress*, enquanto que as placas levadas da marca *Imperial* foram *Special Sensitive*, *Sovereign* e *Ordinary* [1].

¹³ Os “11,0 mm” referem-se à distância à origem de uma escala utilizada para determinar a posição do foco da lente.

¹⁴ As exceções foram as fotografias de número 1, 4 e 19, obtidas com o astrográfico 13 polegadas.

A nebulosidade antes da totalidade nos deu pouca chance de corrigir as taxas dos relógios dos celóstatos, com uma ligeira correção; o [relógio] do [celóstato] de 8 polegadas correu bem, mas o [relógio] do [celóstato] de 16 polegadas estava funcionando de forma variável e após a totalidade parecia ter perdido um pouco.¹⁵

Acerca das exposições mais longas, fomos afortunados que o relógio do [celóstato] de 8 polegadas tenha tido um bom desempenho.

Em 30 de maio, às 3 da manhã, 4 das fotografias do [telescópio] astrográfico foram reveladas e examinadas quando secas. Verificou-se que houve uma séria mudança de foco, de modo que, embora estrelas fossem mostradas, a nitidez foi comprometida.

Essa mudança de foco só pode ser atribuída à expansão desigual do espelho [do celóstato] devido ao calor do Sol. As medidas de foco foram verificadas no dia seguinte, mas apresentaram-se inalteradas em 11,0 [mm].^{16 17}

Embora os resultados tenham ficado muito aquém da expectativa, será necessário ficar até julho para reproduzir o campo.¹⁸

Em 5 de junho, todas as fotografias tiradas durante o eclipse haviam sido reveladas. Com o [telescópio] astrográfico, 12 estrelas são mostradas em várias placas e 7 estrelas em todas, exceto 2 ou 3. O foco é ruim e parece duvidoso se muito pode ser obtido destas placas.^{19 20}

Por outro lado, das 8 placas tiradas com a lente de 4 polegadas, 7 mostram 7 estrelas e a definição é muito boa. Elas são muito mais esperançosas para um possível resultado.”²¹

3. Comentários Finais

Após revelarem as placas fotográficas obtidas durante o eclipse, Crommelin e Davidson seguiram no dia 07 de junho para Fortaleza, onde permaneceram até 09 de julho, quando retornaram para Sobral para realizar novas fotografias do mesmo campo de estrelas, sem a presença do Sol, na mesma angulação da ocasião do eclipse.

Os espelhos e os mecanismos de relojoaria foram desmontados dos celóstatos e guardados na casa onde haviam se hospedado, para evitar a exposição à poeira no período que estivessem ausentes de Sobral [1]. O corpo dos celóstatos, assim como os telescópios foram deixados no mesmo local onde foram utilizados durante o eclipse [1] (Fig. 6).

Após o retorno a Sobral e a remontagem dos celóstatos, os britânicos realizaram as fotos comparativas entre 11 e 18 de julho. Deixaram Sobral no dia 22 de julho, rumo a Camocim. De lá seguiram para Belém [7], indo posteriormente à cidade de São Luís, no Maranhão, onde embarcaram no vapor *Polycarp*, rumo a Inglaterra. Chegaram de volta em Greenwich no dia 25 de agosto.

A análise das placas fotográficas obtidas em Sobral foi realizada em Greenwich, por Davidson, com o auxílio de Furner [1], sob a supervisão do Astrônomo Real Frank Watson Dyson.

O resultado geral das expedições britânicas, confirmando a Teoria da Relatividade Geral, foi anunciado no dia 6 de novembro de 1919, durante uma reunião conjunta da *Royal Society* e da *Royal Astronomical Society*. O trabalho, contendo este resultado, foi assinado por Dyson, Eddington e Davidson, e publicado no periódico britânico intitulado *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* [1].²²

Agradecimentos

Sou grato a Luiz Carlos dos Santos Leite, que visitou a Biblioteca da Universidade de Cambridge, obtendo as imagens do *Caderno de Sobral*, bem como outras imagens, que permitiram a realização deste artigo. Sou também grato a Daniel John Kennefick, da Universidade

com a Teoria Newtoniana e validou o resultado compatível com a TRG.

²¹ Com as fotografias tiradas com o auxílio da lente de 4 polegadas foi obtido para a deflexão da luz o valor de $1,98 \pm 0,18$ segundos de arco (para um raio de luz passando na borda do Sol), validando a TRG.

²² Uma possível explicação para Crommelin e Cottingham não figurarem entre os autores da Ref. [1] é o fato de eles não terem participado das medidas (das posições relativas das estrelas) realizadas nas placas fotográficas obtidas em Sobral e Príncipe, assim como da análise dos resultados.

¹⁵ De acordo com a Ref. [1], o celóstato de 16 polegadas tinha ajuste para quaisquer latitudes. Já o celóstato de 8 polegadas, que havia sido construído para ser operado no Hemisfério Norte, teve que ser montado sobre uma base de madeira, inclinada de um ângulo de cerca de 40 graus, que havia sido construída antes da saída de Greenwich. Para o funcionamento correto em Sobral (Hemisfério Sul) o relógio teve que ser separado do celóstato, montado em uma base de madeira e então invertido. Esta operação foi realizada com bastante êxito, resultando em placas fotográficas com imagens bastante nítidas das estrelas ao redor do Sol eclipsado, apesar do tempo de exposição ter sido relativamente longo.

¹⁶ Uma reprodução muito próxima à versão em inglês deste trecho, encontra-se em uma nota de rodapé na página 309 da Ref. [1].

¹⁷ Outra reprodução muito próxima à versão em inglês deste trecho, atribuída a Davidson, encontra-se na Ref. [12]. Esta atribuição é um forte indício de que estas anotações no *Caderno de Sobral* tenham sido realizadas por Davidson. É provável que tanto Davidson quanto Crommelin tenham escrito no *Caderno de Sobral*.

¹⁸ Ver Seção 3.

¹⁹ Uma reprodução muito próxima à versão em inglês de parte desta frase, encontra-se ao final da já referida nota de rodapé na página 309 da Ref. [1].

²⁰ De acordo com o que Dyson registrou em 1921 [13], se fosse assumida uma mudança de escala, então a deflexão calculada com as placas obtidas com o telescópio astrográfico seria de 0,90 segundos de arco (um resultado próximo daquele previsto pela Teoria Newtoniana); no entanto, se fosse assumido que não ocorreu uma mudança de foco, mas apenas um borrão nas imagens, o resultado seria de 1,56 segundos de arco (um resultado próximo daquele previsto com a TRG). A TRG prevê para a deflexão da luz o valor de 1,75 em segundos de arco. Já a Teoria Newtoniana (gravitação de Newton aliada à teoria corpuscular da luz) prevê uma deflexão da luz igual a metade deste valor, isto é, aproximadamente 0,87 segundos de arco. De qualquer forma, à época foi dada pouca importância às imagens obtidas com o telescópio astrográfico em Sobral, devido à baixa qualidade destas imagens. Uma reanálise das placas fotográficas obtidas com o telescópio astrográfico utilizado em Sobral, publicada em 1979 [14], descartou o valor compatível



Figura 6: Tenda de Greenwich em Sobral, em foto registrada por Daniel Maynard Wise [15, 16] no dia 11 de junho de 1919, quando Crommelin e Davidson estavam em Fortaleza. Cortesia do *Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution, Washington, Estados Unidos*.

do Arkansas, nos Estados Unidos, por várias conversas sobre o conteúdo deste trabalho; e a Emma Saunders, da Biblioteca da Universidade de Cambridge, no Reino Unido, pela troca de emails elucidativos sobre o *Caderno de Sobral*.

Registro também meus agradecimentos a (i) Adam Perkins e Domniki Papadimitriou, da Biblioteca da Universidade de Cambridge, no Reino Unido; (ii) Shaun J. Hardy, da Biblioteca do Laboratório de Geofísica da Instituição Carnegie, Washington, Estados Unidos da América; (iii) Thomas Ray, do Instituto de Estudos Avançados de Dublin, na Irlanda; (iv) Simone Maria Matos Moreira e Ranulfo Figueiredo Campos, da Biblioteca Pública do Pará, em Belém; (v) Emerson Ferreira de Almeida, do Museu do Eclipse de Sobral; (vi) Ângela Burlamaqui Klautau, Jorge Castiñeiras Rodríguez e Marcelo Costa de Lima, da Universidade Federal do Pará; e (vii) Gabriel Nunes Crispino e Mateus Klautau Felipe, estudantes da Universidade de São Paulo. Sou também grato à *Universitat de València*, Espanha, pela hospitalidade, durante a conclusão deste artigo. Agradeço o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Material suplementar

O seguinte material suplementar está disponível online:
Apêndice

Referências

- [1] F. Dyson, A. Eddington e C. Davidson, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **220**, 291 (1920).
- [2] L.C. Crispino e D.J. Kenefick, *Nature Physics* **15**, 416 (2019).
- [3] A.C.D. Crommelin, *The Observatory* **42**, 368 (1919).
- [4] O Próximo Eclipse Total do Sol, Estado do Pará, 20 de abril de 1919.
- [5] M.C. de Lima e L.C.B. Crispino, *International Journal of Modern Physics D* **25**, 1641002 (2016).
- [6] L. C.B. Crispino e M.C. de Lima, *Physics in Perspective* **18**, 379 (2016).
- [7] L.C.B. Crispino e M.C. de Lima, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **38**, e4203 (2016).
- [8] A frota da Booth. Estado do Pará, 24 de março de 1919, p. 1.
- [9] F. Dyson, Eclipse Expedition 1919 May 29 Sobral, disponível em <https://janus.lib.cam.ac.uk/db/node.xsp?id=EAD%2FGBR%2F0180%2FRG0%208%2F166>.
- [10] A.L. Cortie, *Proceedings of the Royal Society of London A* **87**, 293(1912).
- [11] A.L. Cortie, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **75**, 105 (1915).
- [12] F. Dyson e R.v.d.R. Wooley, *Eclipses of the Sun and the Moon* (The Clarendon Press, Oxford, 1937).
- [13] F. Dyson, *Nature* **106**, 786 (1921).
- [14] G.M. Harvey, *The Observatory* **99**, 195 (1979).
- [15] L.C.B. Crispino e M.C. de Lima, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **40**, e1601(2018).
- [16] L.C.B. Crispino, *International Journal of Modern Physics D* **27**, 1843004(2018).