

A ação a distância e o invisível: entre o éter e as ondas gravitacionais¹

Wither Favalessa dos Santos (UFES)

Resumo

O convite para "colocar os pés na lama" durante uma apresentação sobre meu projeto de pesquisa desafiou minha abordagem em relação às ondas gravitacionais, especialmente após uma discussão sobre a metáfora da "onda de lama" em um trabalho da minha orientadora. Essa comparação destacou a necessidade de uma postura etnográfica na pesquisa. Ao explorar o Programa de Pós-Graduação em Astrofísica, Cosmologia e Gravitação (PPGCosmos) na UFES, percebi a presença das ondas gravitacionais em várias atividades, incluindo publicações, cursos e eventos como o Inverno Astrofísico. Destaco neste trabalho a percepção etnográfica da participação das Ondas Gravitacionais como fenômeno/metáfora na solução de um problema que remete a física newtoniana chamado de ação a distância. Os artigos reunidos no Cadernos de Astronomia publicados pelo PPGCosmos abordam a detecção das ondas gravitacionais e sua contextualização histórica, destacando uma narrativa intrigante sobre o experimento do interferômetro de Michelson. Originalmente, esse experimento, desenvolvido no século XIX por Michelson e Morley, visava confirmar a existência de um éter como meio de propagação da luz, mas contrariou essa hipótese. O aparato, baseado na sobreposição de feixes de luz, não mostrou diferença de fase esperada se o éter estivesse presente. Isso desafiou a visão de que a luz necessitava de um meio físico para se propagar. Apesar de inicialmente visto como um fracasso, esse experimento tornou-se revolucionário, servindo de base para a teoria da relatividade restrita de Einstein e estabelecendo um princípio análogo ao utilizado na detecção de ondas gravitacionais, abrindo espaço para explicações mais complexas sobre a ação a distância de interações fundamentais como a eletromagnética e principalmente a gravitacional.

Palavras-chave: antropologia da ciência; ondas gravitacionais; relações entre humanos e não-humanos.

Introdução

Em fevereiro de 2016, o projeto Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory nos Estados Unidos fez a primeira detecção de ondas gravitacionais, previstas pela Teoria da Relatividade Geral de Einstein, marcando um grande avanço científico. No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e o Instituto de Física Teórica da Universidade Estadual Paulista colaboram com pesquisas relacionadas ao projeto norte-americano. Essas ondas, resultantes de eventos cósmicos, como colisões de buracos negros, são detectadas através de interferômetros laser, permitindo uma nova forma de observar o universo além das ondas eletromagnéticas.

¹ Trabalho apresentado na 34ª Reunião Brasileira de Antropologia (Ano: 2024).

Este texto - submetido a 34ª Reunião Brasileira de Antropologia - é um corte/recorte de uma pesquisa de doutorado em andamento, que propõe um enfoque antropológico sobre as ondas gravitacionais. Essa pesquisa, inspirada pela metáfora da "onda de lama", de Creado e Helmreich (2018), explora as ondas gravitacionais a partir de uma perspectiva que não separa sua dimensão material da simbólica. O trabalho de campo acontece junto a publicações e eventos voltados ao público geral do Núcleo de Astrofísica, Cosmologia e Gravitação (Cosmo-UFES). As ondas gravitacionais estão presentes em diferentes atividades do Núcleo, ganha destaque neste trabalho a publicação de um volume do periódico do Núcleo, o Cadernos de Astronomia, cuja temática são as ondas gravitacionais. Emergem da etnografia, o interferômetro como um dispositivo que (re)configura a dinâmica do mundo, compreendido como um fenômeno em uma interação que possibilita a reelaboração cosmológica a partir da experiência empírica e o problema de escala, que destaca a centralidade da escala humana nas ontologias científicas.

Destaco neste trabalho a percepção etnográfica da participação das Ondas Gravitacionais como fenômeno/metáfora na solução de um problema que remete a física newtoniana chamado de ação a distância. Os artigos reunidos no Cadernos de Astronomia publicados pelo PPGComos abordam a detecção das ondas gravitacionais e sua contextualização histórica, destacando uma narrativa intrigante sobre o experimento do interferômetro de Michelson. Originalmente, esse experimento, desenvolvido no século XIX por Michelson e Morley, visava confirmar a existência de um éter como meio de propagação da luz, mas contrariou essa hipótese. O aparato, baseado na sobreposição de feixes de luz, não mostrou diferença de fase esperada se o éter estivesse presente. Isso desafiou a visão de que a luz necessitava de um meio físico para se propagar. Apesar de inicialmente visto como um fracasso, esse experimento tornou-se revolucionário servindo de base para a teoria da relatividade restrita de Einstein, estabelecendo um princípio análogo ao utilizado na detecção de ondas gravitacionais, possibilitando o surgimento de uma nova entidade ontológica - os campos eletromagnéticos - e abrindo espaço para explicações mais complexas sobre a ação a distância de interações fundamentais.

A não existência do éter ou o fracasso da analogia

O experimento de Michel-Morley I

Os artigos presentes no *Cadernos de Astronomia* com o tema ondas gravitacionais trazem diversas informações sobre a forma como as ondas gravitacionais são detectadas nos laboratórios de interferometria a laser e histórias que contextualizam os conceitos que estão envolvidos – emaranhados - na existência dessas ondas gravitacionais. Entre as histórias contadas nos artigos do volume desse caderno, gostaria de dar ênfase a uma que, devido à forma contraditória em que é narrada, provoca o interesse e o riso frente à ciência (Stengers, 2000). Os autores Cardoso e Duque (2021) provocam nosso senso de humor quando nos contam que o mesmo experimento que no século XIX se voltou contra seus idealizadores e produziu argumentos que iam contra suas hipóteses fazendo-os passar vergonha perante a comunidade científica, participou, no século seguinte, das argumentações em favor da revolucionária teoria da Relatividade Geral e hoje argumenta em favor da detecção das ondas gravitacionais.

Eles nos contam uma história que tem como atores o experimento que detectou as ondas gravitacionais e um experimento chamado por Cardoso e Duque (2021) de interferômetro de Michelson. Albert Michelson (1852 - 1931) foi um cientista que em conjunto com Edward Morley (1838 - 1923) desenvolveu um experimento que ficou conhecido na história da Física como o mais famoso dos “falhanços” da ciência.

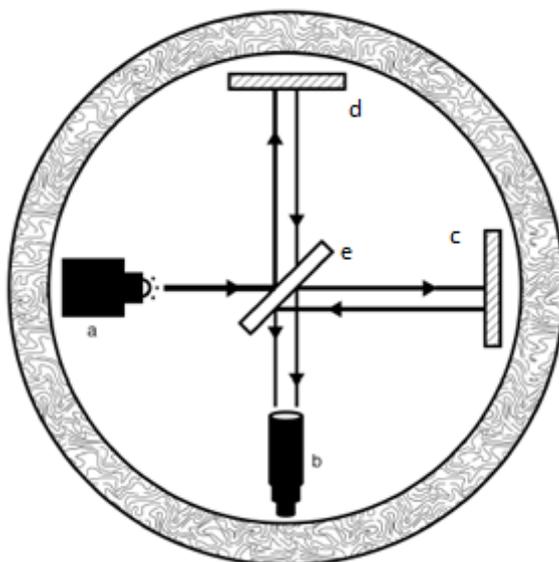
O fiasco aconteceu pois os dois físicos tinham a hipótese teórica da existência de um fluido universal que seria o meio de propagação da luz. O experimento construído por eles deveria confirmar tal hipótese, porém apontou no sentido contrário, argumentando contra a existência de um fluido que permeia o universo onde as ondas de luz se propagam. Porém, por que um fiasco? Não deveria se tratar de um grande sucesso físico uma vez que a argumentação empírica da experimentação se sobrepôs às suposições teóricas?

Da forma como narram a história os autores dão a entender que a hipótese do éter – o meio de transporte da onda de luz que foi batizado em homenagem ao deus grego da luz, Éter - foi construída a partir de uma analogia entre a luz e outros tipos de ondas - as ondas sonoras, as ondas em um lago ou em um rio - a hipótese possuía uma lógica comparativa que associava as diferentes ondas, descritas pela Física até então, por uma de suas características em comum: ter um meio físico de propagação. As ondas sonoras se propagam no ar, as ondas em um rio se propagam na água, portanto, deveria haver um meio físico no qual a luz, sendo uma onda, se propaga.

Da mesma forma que as ondas sonoras necessitam de um meio para se propagarem – não há som na Lua porque não tem atmosfera – acreditava-se que a luz, sendo uma onda, também necessitaria de um meio específico de transporte (Cardoso e Duque, 2021, p. 22).

Para testar a hipótese, Michelson e Morley desenvolveram um experimento que pode ter seu princípio representado na Figura . O funcionamento se baseia justamente em um princípio intimamente relacionado com as considerações da luz como uma onda.

Figura 11: Representação do funcionamento de interferômetro a laser



Fonte: (Modificada de Cardoso e Duque, 2021, p. 23)

Explico. Reduzido ao fundamental, o experimento consiste em enviar um feixe de luz em direção a um espelho especial, parte deste feixe atravessa o espelho e parte é refletida pelo espelho. Na Figura , essa situação está representada pelo feixe que sai do emissor “a” e atinge o espelho “e”, disposto na diagonal no centro do aparato, uma parte do feixe de luz atravessa o espelho, atingindo o espelho “c”, enquanto outra parte é refletida e segue na direção perpendicular, atingindo o espelho “d”, disposto na parte superior do aparato. Esses feixes de luz divididos, refletem de volta e se encontram no detector “b”, após serem refletidos pelos espelhos nas extremidades do experimento. É no detector “b” que se obtém a medida física, nele, as ondas/feixes de luz que tinham sido separadas se encontram novamente.

Há um comportamento interessante quando ondas se encontram - diferentemente das partículas clássicas², porções bem delimitadas de matéria, que não ocupam um mesmo espaço em um determinado momento do tempo – elas não podem ser localizadas em um ponto. Como comentado anteriormente, elas são perturbações se propagando em algum meio e, de modo distinto das partículas, as ondas podem se sobrepor num mesmo ponto do espaço assumindo uma forma que é a composição da forma das ondas que se encontraram. Este comportamento característico das ondas clássicas é chamado pelos físicos de sobreposição.

Um exemplo muito usado é o de perturbações em lagos ou em poças d'água que estejam com suas águas calmas, estas perturbações causadas por gotas d'água, pedrinhas ou perturbações periódicas produzidas em tanques de ondas produzem padrões devido às diferenças relativas entre as componentes de ondas que se sobrepõem, ou seja, as ondas interferem umas com as outras criando um padrão de interferência ou padrão de difração.

A medida no interferômetro de Michelson é a observação dos padrões de interferência, ou padrões de difração, dos “feixes gêmeos” de luz quando se encontram e se sobrepõem no detector “b”.

Metáfora da reflexão e do espelhamento

Antes de continuar com a história do famoso experimento de Michelson e Morley, vamos abordar as considerações sobre o fenômeno de difração a partir da Barad (2007a). Ela, inspirada na Haraway (1997), sugere a difração como um contraponto à reflexão. Enquanto a metáfora da reflexão trata de temas da semelhança e do espelhamento, a difração, como metáfora, é marcada por padrões de diferença³.

Barad (2007b) lida com o representacionismo nas ciências. Tanto quando analisamos objetividade científica com “olhos” construtivistas quanto com “olhos”

² Uso o termo clássico, tanto para partículas como para as ondas, quando me refiro a uma compreensão clássica da Física sobre do que o mundo é feito, uma ontologia científica Newton-Faraday-Maxwell (Rovelli, 2017), mais adiante discuto melhor essas ontologias científicas.

³ Para além de metáforas, reflexão e difração são fenômenos físicos caracterizados na ótica clássica, e ambos evidenciam diferenças interessantes entre si. Os fenômenos da reflexão podem ser explicados sem levar em consideração o comportamento ondulatório da luz – frequentemente, entre os físicos, a reflexão é associada à “ótica geométrica” ramo de estudos onde a luz pode ser considerada como a uma partícula que é refletida ao entrar em contato com uma superfície, de tal forma que o importante nas análises da “ótica geométrica” não é a natureza da luz, mas sim as suas trajetórias em linha reta. É a difração que explicita o comportamento ondulatório da luz e ela só pode ser explicada por uma teoria que se posiciona sobre a natureza ondulatória da luz, a “ótica física”. Essa dicotomia entre uma teoria que se ocupa principalmente com a trajetória sem se debruçar sobre a natureza física do fenômeno também aparece na diferença entre a cinemática e a dinâmica, dualismo que separa a Física em pré-newtoniana e pós-newtoniana.

realistas, a metáfora é a da reflexão: “a confiança representacionista no poder das palavras para espelhar um fenômeno preexistente é o substrato metafísico que sustenta as crenças do construtivismo social, assim como as crenças realistas tradicionais (Barad, 2007b, p. 9)”. A autora denuncia um excessivo valor dado à linguagem para representar a realidade e uma discussão infinita, interna ao representacionismo, onde realistas reivindicam a representação da natureza mediada pela linguagem e construtivistas reivindicam a representação da cultura mediada pela linguagem. Para sair da armadilha do representacionismo, ela propõe aos estudos sociais da ciência abordagens performativas.

O movimento na direção de alternativas performativas ao representacionismo desloca o foco da questão de correspondência entre descrições e realidade (por exemplo, elas refletem a natureza ou a cultura?) para questões de práticas/fazerem/ações. Eu diria que as abordagens performativas, além disso, trazem para primeiro plano questões importantes de ontologia, materialidade e agência. Enquanto abordagens do construtivismo social, permanecem capturadas pela ótica geométrica da reflexão, na qual, semelhante ao jogo de imagens ao infinito entre dois espelhos, um face ao outro, o epistemológico é rebatido para frente e para trás, porém nada mais é visto. Saindo da armadilha representacionista da ótica geométrica, eu mudo o foco para a ótica física, para méritos de difração em vez da reflexão. Ler difrativamente, umas através das outras, as visões da teoria feminista e da teoria queer e as abordagens dos science studies implica pensar o “social” e o “científico” juntos, numa abordagem mais esclarecedora (Barad, 2007b, p. 9).

Às abordagens performativas, ela associa os fenômenos de difração. Típica da ótica física, a difração - padrões de diferença em sobreposições de ondas - complexifica as discussões sobre a demarcação de fronteiras entre fenômenos, experimentos, objetos e entidades físicas. Sua metáfora opera nas fronteiras entre natureza e cultura, se contrapondo à tradicional relacionalidade estática. É entendida como um operar das fronteiras, uma ação, “que sempre implica exclusões constituintes e, assim, indispensáveis questões de responsabilidade (Barad, 2007b, p. 10)”.

O experimento de Michel-Morley II

Voltando para a história, para provar sua hipótese de um meio físico onde a luz se propaga, o éter, os cientistas esperavam que o interferômetro formasse um padrão de interferência quando observassem o aparato “b”. Isso era esperado pois, estando a Terra em um movimento relativo com o éter, a luz deveria viajar mais rápido em uma direção do que outra. Uma analogia feita pelos autores, e que abordo aqui para explicar esse ponto

do experimento, é a de um canoieiro navegando um rio. A correnteza faz com que a canoa se mova mais lentamente em certas direções. Isso era esperado do experimento, um dos feixes deveria viajar mais lentamente, pois estaria viajando contra a corrente de éter formada devido o movimento da Terra.

Observando a Figura , podemos ver que os caminhos que os feixes gêmeos de luz percorrem possuem a mesma distância. Se os feixes gêmeos percorrerem seus caminhos com velocidades diferentes, supõe-se a existência de correnteza de éter, então, ao se encontrarem novamente, haveria uma defasagem detectável entre as ondas gêmeas. Tecnicamente isso seria notado por um efeito do tipo “padrões de interferência”, notadamente a presença de um padrão característico do sinal captado pelo detector. O que nos contam os autores (Cardoso e Duque, 2021), é que, tanto no experimento do interferômetro de Michelson quanto em outras versões mais precisas que foram construídas após ele, não se encontraram padrões de interferência que indicassem uma diferença de percurso entre os feixes gêmeos, ou seja, o experimento acusava a ausência da tal correnteza de éter.

Portanto, da forma como é apresentado, o experimento do interferômetro de Michelson marca uma ruptura em relação à presença de um meio de propagação da luz. O silêncio do experimento em relação à existência do éter, contrariando a hipótese e as teorias que levavam em consideração o pensamento analógico de que a luz por ser uma onda necessitava de um meio físico para se propagar, fez a analogia em relação a outras ondas perder força. A luz passa a ser marcada por uma diferença em relação a outras ondas, ganha força a possibilidade dela poder viajar num vazio físico. Isto é, a ideia de que a luz não precisa de um meio de propagação.

Porém, apesar de abrirem o texto dando ênfase à falha dos cientistas, os autores finalizam apontando para o caráter revolucionário do experimento.

O interferômetro de Michelson tornar-se-ia uma das experiências científicas mais revolucionárias na história. O seu princípio de funcionamento é análogo ao que hoje se utiliza na detecção de ondas gravitacionais. Para além disso, o resultado desta experiência serviria de base para a teoria da relatividade restrita de Albert Einstein (Cardoso e Duque, 2021, p. 23).

Eles consideram a experiência como revolucionária pelo seu funcionamento análogo ao detector de ondas gravitacionais - tema que vamos abordar mais adiante⁴ - e pela contradição da natureza ondulatória da luz, elemento motivador que levou à teoria da relatividade. Há, segundo a história contada por estes autores, uma reelaboração cosmológica a partir de uma experiência empírica. Elaborando a partir do realismo agencial de Barad (2007b), e suas considerações sobre agenciamentos humanos e não-humanos, temos, segundo as práticas material-discursivas dos físicos, um dispositivo científico que está além de um instrumento neutro alojado no espaço e no tempo antes de uma ação prevista acontecer. Neste caso o interferômetro age como um dispositivo que (re)configura a dinâmica do mundo, o próprio dispositivo é o fenômeno numa intra-ação.

O experimento de Michelson e Morley, coloca os físicos diante de uma verdade pragmática⁵, que contraria uma verdade metafísica (Almeida, 2021). A teoria até então, baseada na metafísica newtoniana, tinha como verdade fundamental a necessidade de um meio material para a propagação das ondas, todavia, a experimentação empírica levou à reelaboração desta metafísica no sentido de sustentar uma nova qualidade de ondas, essas que não precisam de meio material para se manifestarem. A história contada por Cardoso e Duque (2021) dialoga também com as comparações de Almeida (2021) entre físicos teóricos e o xamã Kopenawa.

Kopenawa é um sábio capaz de acessar mundos inacessíveis à experiência cotidiana. Essa descrição aplica-se também a físicos teóricos que elaboram ontologias cujas consequências pragmáticas são vividas em laboratórios por experimentalistas. A posição desses últimos cientistas pode ser comparada à de Kopenawa: são corpos preparados (pela educação, pelo treino experimental) para receber evidência de mundos que estão além da experiência cotidiana. Com a ressalva de que Kopenawa é também o cientista teórico que elabora uma cosmologia compatível com a evidência experimental (Almeida, 2021, p. 16).

⁴ Há uma certa simetria: se o éter não foi detectado devido à sua incapacidade de gerar diferença entre os feixes de luz dentro do interferômetro, as ondas gravitacionais são detectadas justamente por serem capazes de gerar essa diferença dentro do interferômetro.

⁵ Mario Almeida ressalta que a “verdade pragmática é o chão comum de múltiplas ontologias (Almeida, 2021, p. 24)”. Ele está se referindo a um acordo entre ciência globais e ciências locais sem englobar metafísicas locais como variações de metafísicas globais. Trata-se de lidar com a tese do realismo científico ocidental moderno que pressupõe a existência de um único mundo que “acomoda uma variedade de pseudomundos locais, que são representações admitidas caridosamente como versões aproximadas do mundo real único (Almeida, 2021, p. 23)”. Essa postura tolerante do realismo científico deve ser evitada, pois reproduz o colonialismo ontológico. “Não há tradução ontológica inocente, porque é impossível traduzir ontologias a não ser como substituição ontológica (Almeida, 2021, p. 23)”. O que se busca, em pesquisas responsáveis, é ressaltar a convergência pragmática e racional de múltiplas visões de mundo.

A história do experimento do interferômetro, marca uma mudança na ontologia científica, o mito de criação de uma nova entidade cosmológica. Que meio é este pelo qual a luz se propaga? Até então, em uma inspiração atomista, o mundo da Física era feito de três entidades fundamentais: espaço, tempo e partículas.

Referências

ALMEIDA, M. W. B. DE. Anarquismo Ontológico e Verdade no Antropoceno. **Ilha Revista de Antropologia**, v. 23, n. 1, p. 10–29, 2021.

BARAD, K. **Meeting the universe halfway: Quantum physics and the entanglement of matter and meaning**. [s.l.] duke university Press, 2007a.

BARAD, K. **Performatividade pós-humanista: para entender como a matéria chega à matéria 1**. [s.l.] Duke University Press, 2007b.

CARDOSO, V.; DUQUE, F. Buracos negros: a derradeira fronteira. **Cadernos de Astronomia**, v. 2, n. 2, p. 6–16, 2021.

HARAWAY, D.

Modest_Witness@Second_Millennium.FemaleMan©_Meets_OncoMouse™: Feminism and Technoscience. Chicago: Routledge, 1997.

ROVELLI, C. **A realidade não é o que parece: A estrutura elementar das coisas**. [s.l.] Companhia das Letras, 2017.

STENGERS, I. Another Look: Relearning to Laugh. **Hypatia**, p. 41–54, 2000.