

PESQUISANDO A ELUSIVA MATÉRIA ESCURA ULTRA-LEVE

Os dados da O4a não produziram nenhuma evidência de dilatons, fótons escuros ou matéria escura tensorial; mas os limites superiores superam os de experimentos que existem por ordens de magnitude.

A [matéria escura](#) compõe 85% da matéria total que existe no Universo, mas é completamente invisível para nós. Ainda assim, nós podemos medir seus efeitos em uma variedade de objetos celestes: ela envolve cada galáxia e [impede as estrelas de saírem de suas órbitas](#); ela [muda as direções dos raios de luz de galáxias distantes](#); ela orienta a [formação de grandes estruturas do Universo](#), e deixou até marcas no [fundo cósmico de micro-ondas](#), a mais distante e antiga fotografia do Universo, tirada quando tinha apenas 380,000 anos.

Os detectores de ondas gravitacionais [LIGO](#), [Virgo](#), e [KAGRA](#) foram projetados para pesquisar por [ondas gravitacionais](#) da fusão de [buracos negros](#) e [estrelas de neutrons](#) com rotação assimétrica, [pulsares](#), [estrelas explodindo](#), e a combinação de todas essas fontes. Mas, esses detectores são tão sensíveis que poderíamos observar matéria escura que interage diretamente com eles.

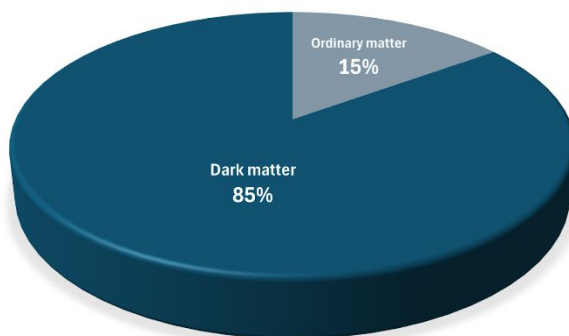


Figura 1. Gráfico de pizza mostrando que a matéria escura é o constituinte dominante do universo. Enquanto a matéria “ordinária” (incluindo os átomos que compõe todos os planetas, estrelas e galáxias) compreende apenas cerca de 15% da matéria no universo, a matéria escura (que pode incluir os três tipos de partículas ultraleves procuradas neste trabalho) compreende cerca de 85%.

Aqui, nós estamos procurando por três tipos específicos de matéria escura: (1) [dilatons](#), (2) [fótons escuros](#) e (3) [bósons tensoriais](#), que poderiam ter uma massa vinte ordens de magnitude menor que a massa do elétron. Na Terra, se essas partículas existissem, elas iriam se mover com uma velocidade próxima de 300 mil km/s, e haveria também um grande número delas: da ordem de 10^{26} partículas por metro cúbico. Os dilatons interagiriam com fótons e elétrons e causariam variações periódicas das [constantes fundamentais](#) do Universo, que, por sua vez, causariam oscilações do divisor de feixe e nos espelhos do detector. Fótons escuros interagiriam com prótons e nêutrons, ou apenas com nêutrons, nos espelhos dos detectores. Finalmente, os bósons tensoriais agiriam como uma onda gravitacional e esticariam e comprimiriam o espaço-tempo ao redor dos espelhos. Em todos os três casos, o efeito da interação é que um movimento oscilatório dependente do tempo nos componentes do interferômetro seria esperado.

Com boa aproximação, o sinal para essas interações estará em uma única frequência porque a massa de cada partícula de matéria escura é fixa. A matéria escura está sempre fluindo pelos detectores, o que significa que ela está constantemente interagindo com as partículas nos espelhos ou no divisor de feixe. Portanto, o sinal é contínuo, sempre “ligado”, e em um tom quase fixo. Na prática, a frequência do sinal muda por uma quantidade muito pequena aleatoriamente ao longo do tempo porque cada partícula de matéria escura está viajando a uma velocidade diferente quando interage com o detector.

Nosso trabalho utiliza dados da quarta [corrida observacional](#) do [Advanced LIGO](#), [Advanced Virgo](#) e KAGRA para determinar se e com qual força a matéria escura poderia se [acoplar](#) aos interferômetros. Embora nós não tenhamos detectado um sinal, pudemos estabelecer [limites superiores](#) para essa força de acoplamento como uma função da possível massa da partícula de matéria escura em todos os três casos: dilatons, fótons escuros e bósons tensoriais.

SAIBA MAIS:

Visite nossos websites: www.ligo.org
www.virgo-gw.eu
gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/



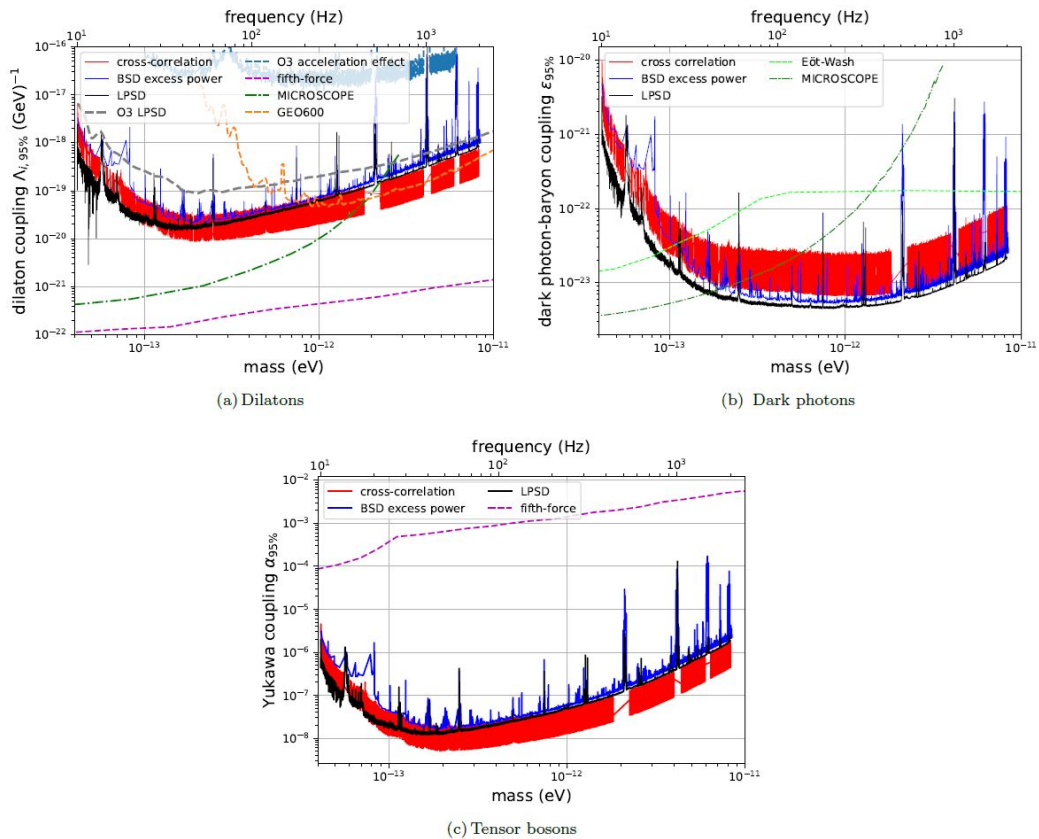


Figura 2: (Figura 1 no artigo): **Limites superiores** na força de **acoplamento** de matéria escura aos interferômetros para os três tipos de matéria que consideramos (dilatons, fótons escuros e bósons tensoriais), como uma função de massa de matéria escura (em [elétrons volts](#), eV) e da frequência do sinal. Os pontos acoplados acima das linhas vermelha, preta, e azul foram descartados por esse estudo: quanto mais baixo o limite, mais restritivas são nossas buscas. Nós usamos três métodos (chamados “correlação cruzada”, “excesso de potência BSD” e “LPSD”) para buscar as interações da matéria escura com os interferômetros de ondas gravitacionais, que forneceram resultados consistentes. Os limites superiores para dilatons excedem os da corrida observacional anterior, O3, em cerca de uma ordem de magnitude, enquanto os limites para fótons escuros são de um fator 10-100 vezes melhores que os outros experimentos de matéria escura ([MICROSCOPE](#) e [Föt-Wash](#)) em muitas frequências. Além disso, os limites sobre os bósons tensoriais superam os limites de um [experimento de quinta força](#) em cinco ordens de magnitude.

Nossas restrições sobre dilatons superam aquelas da terceira corrida de observação do LIGO, Virgo e KAGRA por uma ordem de magnitude, enquanto as restrições sobre fótons escuros são cerca de 10 vezes melhores do que as obtidas com alguns experimentos que foram desenhados especificamente para buscar essas partículas. Além disso, estabelecemos os primeiros limites sobre os bósons tensoriais interagirem com interferômetros, melhorando os experimentos anteriores em cerca de um fator 10^5 . Nossas medições de acoplamento de matéria escura com LIGO, Virgo e KAGRA nos dão uma visão de como a matéria escura influencia o Universo e como ele poderia ter se formado.

GLOSSÁRIO

LIGO: O Observatório de Ondas Gravitacionais por Interferometria a Laser (LIGO) é um par de detectores de ondas gravitacionais baseado nos EUA. Um está situado próximo a Livingston, Louisiana, e o outro perto de Hanford, Washington. Ambos os detectores são interferômetros laser de grande escala com dois braços perpendiculares de 4 km, que tentam medir quaisquer mudanças no comprimento relativo dos braços causadas por uma onda gravitacional que passa.

Virgo: Um detector de ondas gravitacionais próximo de Pisa, Itália. É um interferômetro a laser, mas com braços de 3 km.

KAGRA: Um detector de ondas gravitacionais subterrâneo situado perto de Toyama, Japão. É um interferômetro a laser, mas com braços de 3 km e espelhos resfriados criogenicamente.

Sensibilidade: uma descrição da capacidade de um detector de detectar um sinal. Detectores com nível de ruído mais baixo são capazes de detectar sinais mais fracos e, portanto, são considerados como tendo maior (ou superior) sensibilidade.

Corrida Observacional: Um período em que os detectores de ondas gravitacionais estão coletando dados.

Limite superior: uma declaração sobre o valor máximo que uma quantidade pode ter enquanto ainda é consistente com os dados. Aqui, a quantidade de interesse é o momento quadrupolar máximo da estrela que podemos ver (isso está relacionado à amplitude intrínseca da deformação das ondas gravitacionais de um dado sinal de onda contínua que chega à Terra).

Usamos um limite de 95% de confiabilidade, ou seja, há 95% de probabilidade de que a quantidade esteja abaixo desse limite.

Acoplamento: quando uma partícula interage com outras de uma maneira específica.

Pulsares: estrelas mortas em rotação, compostas principalmente de nêutrons; são grandes relógios porque giram rapidamente e emitem luz para nós em intervalos muito regulares, como um farol.

SAIBA MAIS:

Visite nosso websites: www.ligo.org
www.virgo-gw.eu
gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/

Leia uma pré-publicação gratuita do artigo científico completo [aqui](#) ou no [arxiv](#).

Dados do Gravitational-Wave Open Science Centre para GWTC-4.0 disponíveis [aqui](#).