

CONSTRAINTS ON COSMIC STRINGS USING DATA FROM THE THIRD ADVANCED LIGO-VIRGO OBSERVING RUN

INTRODUÇÃO

O Universo está se expandindo e se resfriando constantemente. Esse processo pode levar à criação de [cordas cósmicas](#): são [defeitos topológicos](#) unidimensionais, cuja energia está concentrada ao longo de uma linha. As cordas cósmicas são análogas às rachaduras que podem aparecer no gelo quando a água congela. No Universo, as cordas cósmicas são geralmente curvas, evoluem e podem formar laços fechados como resultado de suas interações.

As cordas cósmicas existem em muitas [teorias de campo](#) motivadas pela física de partículas e há várias previsões observacionais que podem ser feitas sobre elas. Isso significa que as cordas cósmicas podem nos fornecer uma ferramenta para sondar a física além do [Modelo Padrão](#), em escalas de energia muito mais altas do que aquelas alcançadas por aceleradores como o [Grande Colisor de Hádrons do CERN](#). Em particular, a produção de sinais de ondas gravitacionais por cordas cósmicas é uma das assinaturas observacionais mais promissoras que podemos pesquisar com detectores baseados em terra com o LIGO, o Virgo e KAGRA.



Figura 1: Ilustrações de cúspides, torções e colisões torção. [Créditos: [Long, Hyde and Vachaspati](#)]

GRAVITATIONAL WAVES FROM COSMIC STRING LOOPS

Loops de cordas cósmicas oscilam e emitem energia, principalmente em ondas gravitacionais, o que as fazem encolher e, eventualmente, decair. O espectro de ondas gravitacionais de um loop oscilante é dominado por características de cordas chamadas dobra ("*cusps*") e torções ("*tortions*"). Os primeiros são pontos na corda que viajam brevemente à velocidade da luz; os últimos são descontinuidades que aparecem aos pares como resultado da troca de parceiros de cordas. Muitas dessas explosões de ondas gravitacionais podem se somar, formando um fundo de onda gravitacional estocástico (isto é, determinado aleatoriamente). Ocasionalmente, rajadas agudas de alta amplitude podem ficar acima do fundo estocástico - como o grito de uma voz solitária ouvida acima do som de uma multidão barulhenta - e assim poderiam, em princípio, ser detectadas individualmente.

Nós procuramos por sinais de ondas gravitacionais produzidos por dobras, torções e colisões torção-torção (veja a **Figura 1**) nos dados coletados pelos detectores LIGO e Virgo Avançado durante sua terceira corrida observacional, denominada O3. Consideramos dois modelos analíticos (chamados de A e B) de como os loops cósmicos das cordas são distribuídos, com base nos resultados de duas simulações computacionais diferentes dessa distribuição. Além disso, desenvolvemos um terceiro modelo (denominado C) que foi projetado para ser mais "agnóstico", interpolando entre os modelos A e B; em nossa pesquisa, consideramos duas variantes (C-1 e C-2) desse modelo.

ANÁLISES E RESULTADOS

Usamos os dados do detector LIGO e Virgo para analisar, em cada um desses quatro modelos, a possibilidade de um sinal "burst" de onda gravitacional de uma corda cósmica individual e um fundo estocástico de sinais de cordas cósmicas. Para realizar nossa busca, os candidatos que correspondiam à forma de onda gravitacional prevista para esse sinal foram primeiro identificados e, em seguida, métodos de análise foram usados para calcular a probabilidade de que cada evento candidato fosse um sinal verdadeira em vez de ruído de detector. A pesquisa estocástica de fundo foi realizada calculando [a densidade de energia](#) dos sinais de ondas gravitacionais das cordas cósmicas previstas em cada um dos modelos que consideramos; essas previsões foram então comparadas aos resultados observacionais do detector que usam a ausência de um sinal para colocar limites superiores nesta densidade de energia.

Visite nossos sites:

www.ligo.org

www.virgo-gw.eu

gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/



SAIBA MAIS

Leia o artigo original completo [aqui](#) e uma [Introdução às Ondas Gravitacionais clicando aqui](#).

Traduzido para o Português por **Juliédson Artur Malaquias Reis**. Você pode ler o original (em inglês) [aqui](#).

Embora não tenhamos detectado nenhum sinal de cordas cósmicas, nossa análise nos permitiu restringir os dois parâmetros das cordas cósmicas, a tensão da corda e o número de torções por loop, para cada um dos modelos de distribuição de loop para que os valores desses parâmetros fossem consistentes com nossa não detecção. Essas restrições são mostradas nas **Figuras 2 e 3**. Em particular, descobrimos que as restrições mais rígidas à tensão das cordas vêm de nossa análise da busca por um fundo de onda gravitacional estocástica.

Também comparamos nossos resultados com os limites obtidos a partir de medições de [Pulsar Timing Array](#), limites indiretos da [nucleossíntese primordial](#), e observações da [radiação cósmica de fundo em micro-ondas](#). A próxima corrida observacional, O4, nos dará uma nova oportunidade de pesquisar sinais de ondas gravitacionais de cordas cósmicas, à medida que os detectores LIGO e Virgo se tornam ainda mais sensíveis e o detector KAGRA se juntar à rede global.

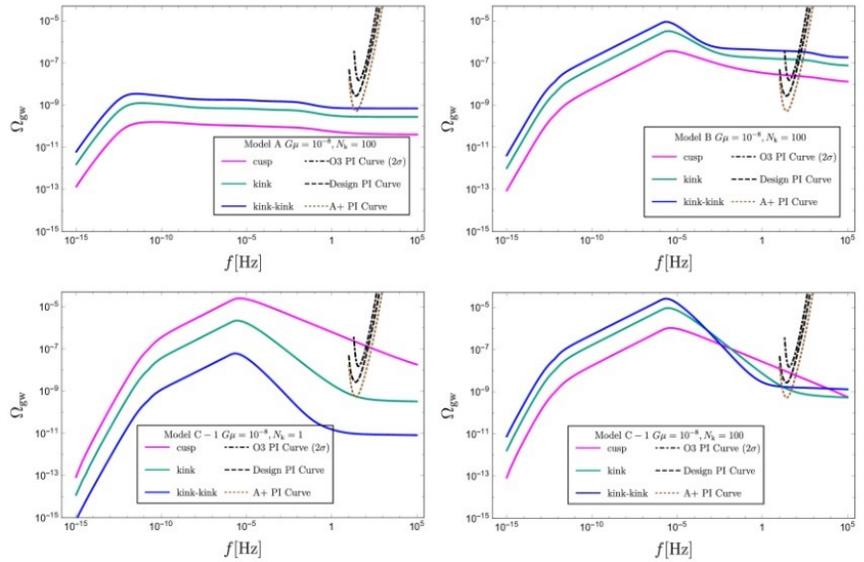


Figura 2 : Previsões dos espectros de densidade de energia da onda gravitacional usando diferentes modelos (A, B, C-1) para a função de distribuição de loop e variando o número de torções por oscilação de loop, N_k . A tensão da corda $G\mu$ é fixada em 10^{-8} . Observe que G representa a constante de Newton e μ denota a densidade de massa linear da corda. Superior esquerdo: modelo A, $N_k = 100$. Superior direito: modelo B, $N_k = 100$. Inferior esquerdo: modelo C-1, $N_k = 1$. Inferior direito: modelo C-1, $N_k = 100$. Também mostram os espectros de densidade de energia dos três componentes diferentes e curvas integradas de lei de potência 2- σ para a busca estocástica isotrópica de O3 e projeções dessas curvas para a rede de LIGO Hanford, LIGO Livingston e Virgo em sua sensibilidade de projeto, e para o [Advanced LIGO+](#) (A+).

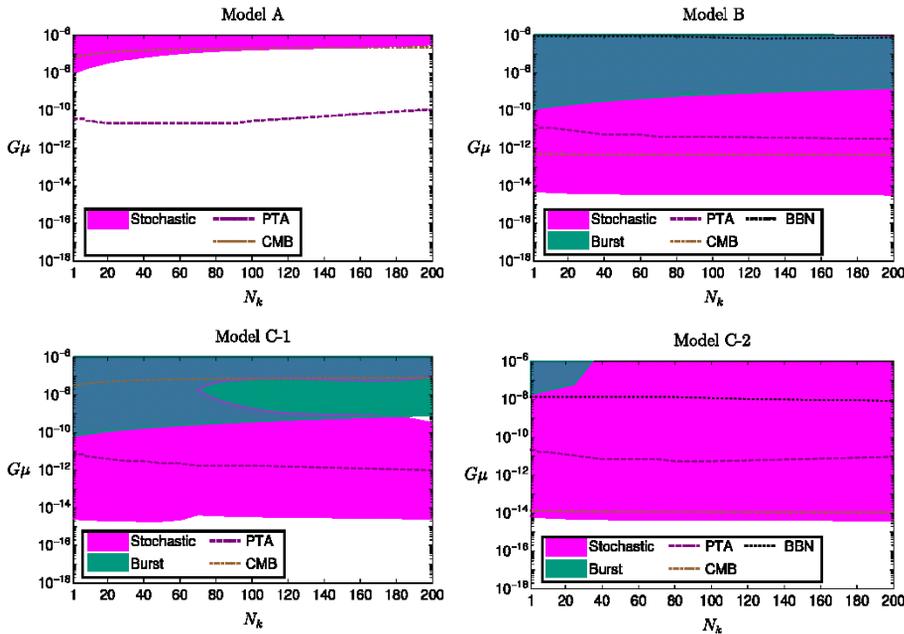


Figura 3 : Contornos de exclusão para aLIGO-aVirgo, com níveis de confiança de 95% no espaço de parâmetros da cadeia cósmica (N_k ; $G\mu$), derivados da pesquisa estocástica (rosa), da pesquisa de "burst" (verde claro) e ambas as pesquisas (verde escuro). Os contornos indicam regiões do espaço de parâmetros dentro das quais temos 95% de confiança de que os verdadeiros parâmetros não foram encontrados. Quatro modelos são considerados para descrever a distribuição de loops de cordas cósmicas: modelo A (canto superior esquerdo), modelo B (canto superior direito), modelo C-1 (canto inferior esquerdo) e modelo C-2 (canto inferior direito). Observe que os resultados da pesquisa estocástica combinam os dados das corridas observacionais O1, O2 e O3, enquanto a pesquisa rápida inclui apenas os dados de O3