

# GW190425: UM SISTEMA BINÁRIO DE ESTRELAS DE NEUTRONS CAMPEÃO PESO-PESADO?

## O QUE NÓS VIMOS?

A [Colaboração Científica do LIGO](#) e a [Colaboração VIRGO](#) informaram que, em 25 de abril de 2019, foram detectadas ondas gravitacionais a partir da fusão de dois objetos compactos. Nossas colaborações designaram este sinal como GW190425. O LIGO é composto por dois detectors: um em [Hanford, Washington](#) e outro em [Livingston, Louisiana](#). Até o momento de GW190425, o detector LIGO-Hanford estava temporariamente offline, mas o sinal forte foi detectado no detector LIGO-Livingston. O [Detector Virgo](#), localizado em Cascina, Itália, também fazia a sua coleta de dados. No entanto, devido à sua menor sensibilidade em comparação com o LIGO e, em particular, porque a fonte do GW190425 estava provavelmente em uma região do céu menos visível para Virgo, o sinal estava por pouco acima do limite de detecção para o LIGO-Livingston. Porém, os dados coletados pelo Virgo foram úteis para nos ajudar a entender os parâmetros da fonte de GW190425. Descobrimos que a massa total desse binário está entre 3,3 e 3,7 vezes a massa do Sol. Dada essa faixa de massa, a explicação mais plausível é que duas estrelas de nêutrons colidiram a aproximadamente 520 milhões de anos-luz de distância. A massa desse binário é significativamente maior do que qualquer outro sistema binário de estrela de nêutrons conhecido.

## UM POUCO MAIS SOBRE ISSO

O sinal de GW190425 foi detectado no LIGO Avançado e na terceira execução de observação de Virgo, conhecida como O3, que começou em 01/04/2019 e terminará em 30/04/2020. Antes dessa corrida observacional, ocorreram duas outras com os detectores LIGO, O1 (setembro 2015 - janeiro 2016) e O2 (novembro 2016 - agosto 2017), veja [aqui](#) para mais detalhes. Entre as corridas observacionais, os detectores são atualizados com novas tecnologias para aumentar sua sensibilidade.

Na segunda corrida, O2, os detectores LIGO e Virgo fizeram a primeira observação de um sinal de ondas gravitacionais emitidas por duas estrelas de, chamado de [GW170817](#). A colisão produziu uma contrapartida que pode ser [vista por todo espectro eletromagnético](#). GW190425 é, provavelmente, o 2º sinal produzido por duas estrelas de nêutrons. Até o momento, nenhuma contrapartida eletromagnética ou sinal de neutrino foi identificado em associação com GW190425. Isso não é surpresa, dado que a fonte estava mais longe do que GW170817 e, portanto, o sinal eletromagnético previsto seria mais fraco. Mas talvez o fator mais crítico seja a esparsa localização de GW190425. Na verdade, localizamos a fonte de GW190425 em uma região que cobre cerca de 16% de todo o céu. Esta é uma enorme área do céu para telescópios convencionais pesquisar!

## COMO SABEMOS QUE O SINAL TEM ORIGEM ASTROFÍSICA?

Temos uma série de pesquisas que procuram sinais de ondas gravitacionais da fusão de objetos compactos. Eles comparam os dados observados com os sinais teóricos previstos pela [Relatividade Geral](#) usando uma técnica chamada [matched filtering](#). Nossos pipelines de pesquisa identificaram o sinal GW190425 dos dados do LIGO-Livingston. A próxima etapa é estimar o quão significativo é esse evento, ou seja, queremos saber a taxa na qual podemos esperar que tal sinal tenha ocorrido por acaso devido às características de ruído dos dados do detector.

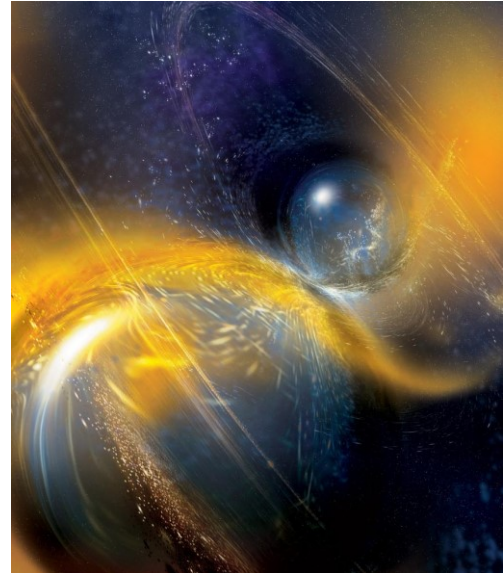


Figura 1: Impressão artística da colisão de duas estrelas de nêutrons produzindo GW190425. Créditos: National Science Foundation/LIGO/Sonoma State University/A. Simonnet.

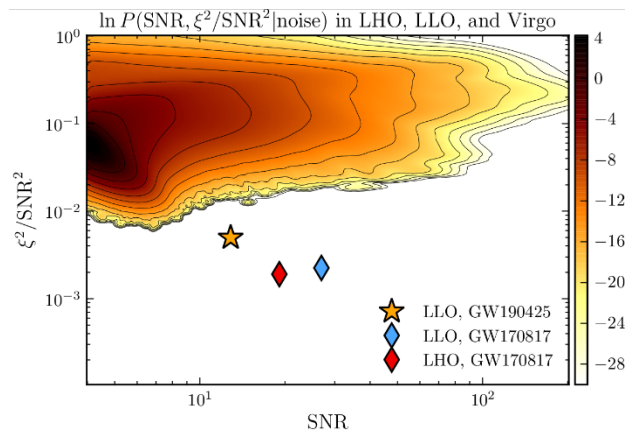


Figura 2: Esta figura mostra a função de probabilidade de ruído SNR –  $\chi^2$  combinada para LIGO-Hanford (LHO), LIGO-Livingston (LLO) e Virgo. O SNR (relação sinal-ruído) quantifica o quão alto o sinal é e  $\chi^2$  testa quão bem a evolução temporal do SNR corresponde ao de um sinal binário compacto real. A figura mostra o fundo na região para sinais binários de estrelas de nêutrons. Este fundo foi construído usando 169,5 dias de O1 e O2 e 50 dias de O3. Não há fundo presente na posição de GW190425 (estrela dourada); ele fica acima do fundo. Para comparação, o sinal GW170817 gravado nos detectores LIGO-Hanford e LIGO-Livingston é mostrado por diamantes azuis e vermelhos.

Essa quantidade é conhecida como taxa de falso alarme. Para estimar isso, precisamos comparar a força de GW190425 em relação a uma distribuição de fundo. Um plano de fundo foi criado realizando a pesquisa de 169,5 dias de O1 e O2 e 50 dias de O3, retirados individualmente de LIGO-Livingston, LIGO-Hanford e Virgo. Descobrimos que a taxa de falsos alarmes para GW190425 é um evento casual em 69.000 anos. A Figura 2 mostra que nos 219,5 dias combinados de dados de fundo, GW190425 se destaca claramente do fundo.

Além das pesquisas, também realizamos procedimentos de detecção semelhantes em GW190425, [como foi feito em eventos anteriores](#). Essas verificações investigam se um transiente de ruído instrumental raro no LIGO-Livingston poderia ser responsável por GW190425. Não encontramos distúrbios ambientais ou instrumentais que pudessem ser responsáveis pelo GW190425.

## POR QUE GW190425 É TÃO INTERESSANTE?

Nós encontramos que a massa da estrela de nêutrons mais massiva está em torno de 1.61 e 2.52 vezes a massa do Sol. Já a massa da companheira está entre 1.12 e 1.68 vezes a massa do Sol. Essas medidas são consistentes com as massas encontradas para outras estrelas de nêutrons.

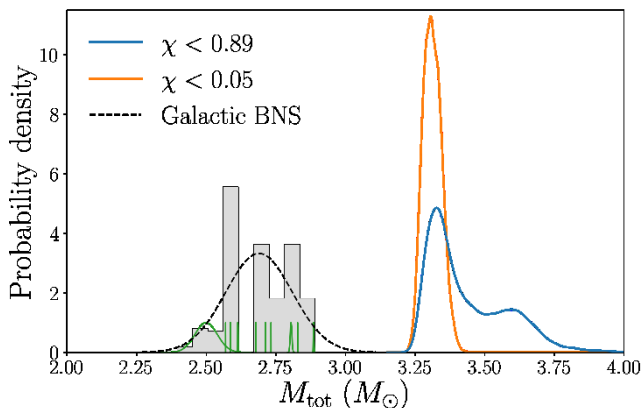
Também é algo em torno desse valor que esperamos ao fazer simulações de explosões de [supernova](#). A maior estrela de nêutrons já detectada por observações no espectro eletromagnético ([PSR J0740+6620](#)) tem uma massa em torno de 2.05–2.24 massas solares. Para GW190425, não podemos descartar que um ou ambos os objetos sejam buracos negros. No entanto, a interpretação mais direta é que esses objetos são de fato estrelas de nêutrons. Então, se for esse o caso, o que podemos inferir?

Descobrimos que, em alguns aspectos, GW190425 não é como outras estrelas de nêutrons binárias em nossa galáxia. Embora a massa de cada estrela de nêutrons seja semelhante às já conhecidas, a massa total é bem diferente. A Figura 3 mostra as massas totais de dez sistemas estelares de nêutrons binários galácticos que devem se fundir durante a vida do Universo. Uma [distribuição normal](#) foi ajustada para esses 10 sistemas. Descobrimos que a massa binária galáctica média é cerca de 2,69 vezes a massa do Sol, enquanto a massa do binário GW190425 é cerca de 3,4 vezes a massa do Sol. Na verdade, ele se encontra a 5 [desvios-padrão](#) da média galáctica. Isso sugere que GW190425 se formou de maneira diferente desses binários galácticos conhecidos.

Existem duas formas de se formar um sistema binário de estrelas de nêutrons. Um deles é chamado de “[common envelope isolated binary evolution channel](#)”, onde ambas estrelas acabam explodindo como supernova, embora isoladas de outros objetos compactos. A segunda forma é o “[dynamical formation channel](#)”. Nesse cenário, já existe um binário, que pode conter duas estrelas de nêutrons ou uma estrela de nêutrons e uma [estrela da sequência principal](#), por exemplo. Em seguida, outra estrela de nêutrons se junta às duas estrelas formando o binário e expulsa a estrela de menor massa, deixando para trás um binário contendo duas estrelas de nêutrons. Uma origem dinâmica é improvável para GW190425, pois não se acredita que isso contribua significativamente para a taxa de fusão de estrelas de nêutrons binárias.

Se o binário GW190425 se formou isoladamente, isso pode significar que as estrelas de nêutrons nasceram de estrelas de baixa [metallicidade](#). Ou pode indicar que quando a primeira explosão de supernova aconteceu e criou a primeira estrela de nêutrons no binário, a massa da segunda estrela (que ainda não havia se transformado em supernova) poderia ter sido transferida para a primeira estrela de nêutrons e torná-la mais pesada. De qualquer forma, a descoberta de GW190425 pode sugerir que há uma população de sistemas estelares de nêutrons binários com períodos orbitais sub-hora que não são detectáveis por mapeamentos eletromagnéticos atuais.

Também procuramos ver se podíamos dizer a que velocidade as estrelas de nêutrons estavam girando. Infelizmente, nossos resultados não indicam quais eram os spins das estrelas de nêutrons. Eles são consistentes com a rotação como as duas estrelas binárias de nêutrons galácticos de giro mais rápido que devem se fundir durante a vida do Universo, PSR J0737–3039A / B e PSR J1946 + 2052. Este último sistema contém um pulsar que gira uma vez a cada 17 ms. Se agora tomarmos a descoberta de GW190425 como uma estrela binária de nêutrons e combinarmos esse resultado com a outra estrela de nêutrons binária que observamos (GW170817), podemos estimar o número de estrelas de nêutrons que colidem em um volume do universo a cada ano. Encontramos a taxa de fusões de estrelas de nêutrons binárias entre 250 e 2810 por gigaparsec ao cubo por ano. GW190425 é potencialmente a segunda observação de uma estrela de nêutrons binária e nos deu mais informações exclusivas sobre esses objetos estranhos.



**Figura 3:** Esta figura mostra a distribuição das massas totais possíveis para o binário GW190425 sob diferentes suposições feitas sobre os spins individuais dos dois objetos compactos (curvas azul e laranja). Também são mostradas as massas totais de 10 sistemas estelares de nêutrons binários galácticos que devem se fundir durante a vida do Universo. A distribuição das massas totais dos binários galácticos é ajustada usando uma distribuição normal mostrada pela curva preta tracejada. As curvas verdes são para sistemas estelares de nêutrons binários galácticos individuais normalizados.

## SAIBA MAIS:

Leia o anúncio dessa descoberta (em inglês): [ligo.caltech.edu/news/ligo20200106](http://ligo.caltech.edu/news/ligo20200106)

Leia o artigo dessa descoberta (em inglês): <https://www.ligo.org/science/Publication-GW190425/>.

Texto traduzido do [original](#) em inglês por Juliédson Artur Malaquias Reis.

## GLOSÁRIO

**Objeto compacto:** nome genérico para objetos astrofísicos muito densos como buracos negros e estrelas de nêutrons. Esses objetos possuem uma massa pelo menos igual a do Sol, mas espremida em alguns poucos (dezenas) de quilômetros.

**Binário:** Sistema de dois objetos que orbitam entre si.

**Estrela de nêutron:** objeto extremamente denso remanescente da explosão de uma estrela muito grande..

**Buraco negro:** Uma região do espaço-tempo causada por uma massa extremamente compacta onde a gravidade é tão intensa que impede qualquer coisa, incluindo a luz, de escapar

**Spin:** Quantidade que mede a velocidade de rotação de um objeto. Por exemplo, a Terra gira a uma taxa de uma vez a cada 24 horas.

**Pulsar:** Estrelas de nêutrons que foram observadas por meio de pulsos de radiação eletromagnética (geralmente na banda de rádio) que emitem. Uma grande fração das estrelas de nêutrons que esperamos existir não podem ser observadas como pulsares, seja porque não emitem radiação eletromagnética forte o suficiente, seja porque sua radiação eletromagnética não é emitida na direção da Terra.

Visit our websites:

<http://www.ligo.org>

<http://www.virgo-gw.eu>

