

# Os instrumentos para detectar ondas gravitacionais

## Uma rede global de interferômetros



Para localizar a fonte de uma onda gravitacional no espaço, é necessário ter vários interferômetros em rede.

Além dos dois detectores LIGO nos EUA e do detector Virgo na Itália, a rede de interferômetros também inclui o detector KAGRA no Japão e o detector GEO600 na Alemanha. Este último detector é menos sensível, mas tem dado contribuições importantes para o desenvolvimento de novas tecnologias. Na Índia, o detector IndIGO, gêmeo do LIGO, está em fase de construção.

São necessários pelo menos três detectores para triangular a posição de uma fonte. Uma localização precisa permite alertar outros instrumentos, como telescópios terrestres e espaciais, e fornecer indicações sobre como orientar esses instrumentos para observar outras possíveis emissões eletromagnéticas. Dessa forma, nasceu um novo tipo de astronomia, a chamada *astronomia multimessageira*.

## Os interferômetros

Detectar ondas gravitacionais é uma tarefa complexa, porque a interação gravitacional é, de longe, a mais fraca das quatro forças da natureza. Para estudar ondas gravitacionais, os físicos projetaram detectores especiais, que exigiram soluções tecnológicas de ponta. Esses detectores são interferômetros a laser, que são compostos por dois braços ortogonais de quilômetros de comprimento (4 km para LIGO, 3 km para Virgo), ao longo dos quais feixes de laser propagam-se. Esses feixes são, então, refletidos por espelhos para alongar seus caminhos e, finalmente, são recombinados para produzir um padrão de interferência. Quando uma onda gravitacional atravessa o interferômetro, ela produz uma variação no comprimento dos braços: um estica enquanto o outro encolhe. Essas variações de comprimento, que são muito menores que o diâmetro de um núcleo atômico (menos de um bilionésimo de metro), produzem uma defasagem na luz do laser que é observada pelo detector.



© M. Perciballi/Virgo-INFN

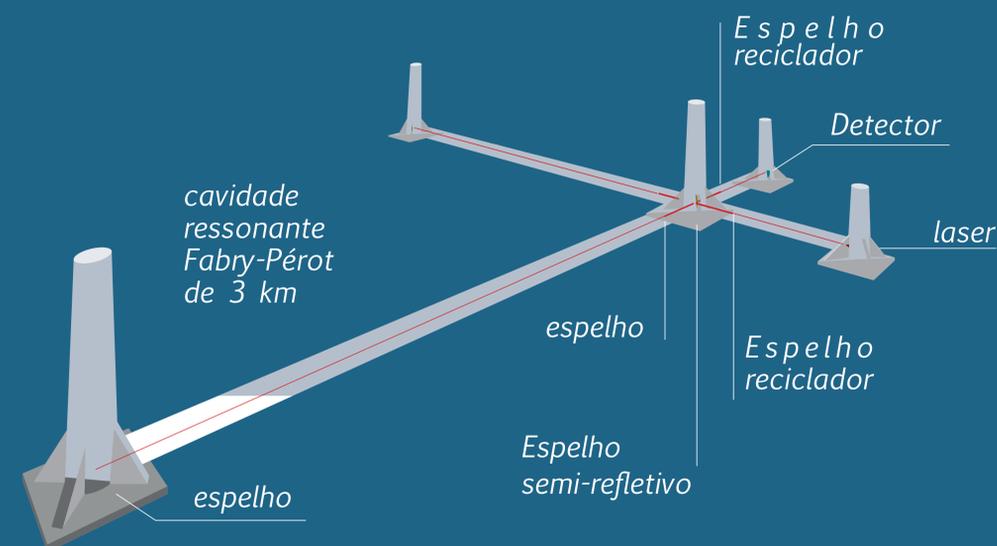
Um dos espelhos de alta tecnologia do interferômetro de ondas gravitacionais Virgo.



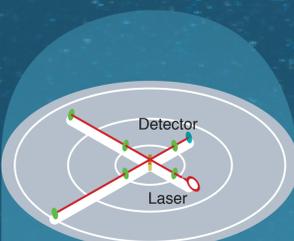
© S. Schiavon/INFN

Dentro de um dos dois braços do Virgo. Cada braço tem 3 km de comprimento. Dentro do tubo, a luz do laser circula em uma região de alto vácuo. Este vácuo é criado para reproduzir condições similares ao vácuo interestelar e reduzir os efeitos de dispersão da luz que as moléculas de ar poderiam causar, destruindo assim a medição.

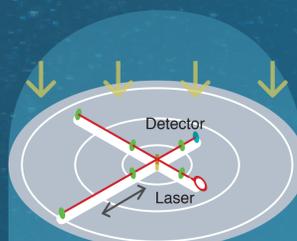
### Esquema dos componentes do interferômetro Virgo



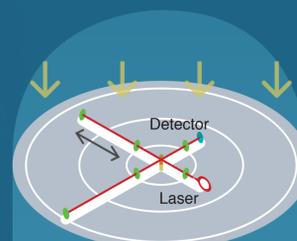
## Como um interferômetro funciona



Os dois feixes provenientes dos braços são recombinados (em oposição de fase), de modo que nenhum sinal de luz seja formado no detector.



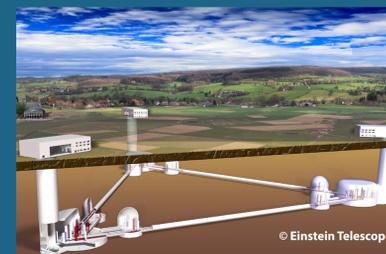
Uma onda gravitacional atravessa o interferômetro produzindo uma variação infinitesimal dos braços.



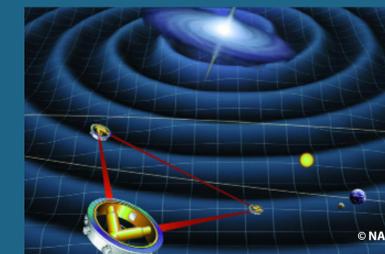
A variação induz uma defasagem dos dois feixes de luz que é observada pelo detector. O sinal medido pelo detector está correlacionado com a amplitude da onda gravitacional.

Por volta do ano 2030, detectores de ondas gravitacionais mais sensíveis que os atuais estarão em operação. Estaremos, portanto, em posição de ouvir muito mais profundamente o Universo e de ampliar o catálogo de fontes de ondas gravitacionais possivelmente observáveis. O Telescópio Einstein (ET), um projeto europeu, e o Cosmic Explorer, um projeto americano, estarão em operação na Terra e são as evoluções naturais do Virgo e do LIGO. LISA, o primeiro interferômetro a detectar ondas gravitacionais no espaço, com braços formados por espaçonaves distantes 2,5 milhões de quilômetros e em órbita heliocêntrica, realizará medições diferentes e complementares em relação aos detectores terrestres. A rede será capaz de cobrir eficientemente todo o espectro de ondas gravitacionais possível.

## O futuro: ET e LISA



Uma possível representação artística do interferômetro de terceira geração, o Telescópio Einstein. Os três túneis por onde a luz se propaga são subterrâneos, de forma a reduzir os efeitos do ruído sísmico. Os espelhos são resfriados a uma temperatura de poucos Kelvin, a fim de reduzir o ruído térmico.



Uma representação artística do detector espacial LISA. Três interferômetros laser medem continuamente as distâncias entre três pares de massas de teste, que flutuam livremente dentro de três satélites. O sistema orbita o Sol à mesma distância que a Terra o faz.