



Poderíamos dizer que é exatamente isso que A imagem da gravidade de Isaac Newton faz — dando uma relação entre a massa de um objeto e a força gravitacional que ele exerce. E você estaria certo. Mas o conceito de curvatura do espaço-tempo dá origem a uma gama muito mais rica de fenômenos do que uma simples força. Ele permite um tipo de gravidade repulsiva que impulsiona nosso universo a se expandir, cria dilatação do tempo em torno de objetos massivos e ondas gravitacionais no espaço-tempo e — pelo menos em teoria — torna possíveis os motores de dobra.

Alcubierre abordou seu problema na direção oposta à usual. Ele sabia que tipo de curvatura espaço-temporal ele queria. Era uma em que um objeto poderia surfar em uma região de espaço-tempo distorcido. Então, ele trabalhou de trás para frente para determinar o tipo de configuração de matéria que você precisaria para criar isso. Não era uma solução natural das equações, mas sim algo “feito sob encomenda”. Não era exatamente o que ele teria pedido, no entanto. Ele descobriu que precisava matéria exótica algo com densidade de energia negativa, para distorcer o espaço da maneira correta.

Soluções de matéria exótica são geralmente vistas com ceticismo pelos físicos, e com razão. Embora matematicamente, seja possível descrever material com energias negativas, quase tudo o que conhecemos parece ter uma energia positiva. Mas na física quântica, observamos que pequenas violações temporárias da positividade energética podem ocorrer e, portanto, “nenhuma energia negativa” não pode ser uma lei absoluta e fundamental.

De Warp Drives a Waves

Dado o modelo de Alcubierre para o mecanismo de dobra espacial e temporal, podemos começar a responder à nossa pergunta original: como seria um sinal dele?

Um dos pilares das observações modernas de ondas gravitacionais, e uma das suas maiores conquistas, é a capacidade de prever com precisão formas de onda a partir de cenários físicos usando uma ferramenta chamada “relatividade numérica”.

Esta ferramenta é importante por dois motivos. Primeiro, porque os [dados](#) que obtemos dos detectores ainda são muito ruidosos, o que significa que muitas vezes temos que saber aproximadamente como é um sinal para podermos extraí-lo do fluxo de dados. E segundo, mesmo que um sinal seja tão alto que se [destaque](#) acima do ruído, precisamos de um modelo para interpretá-lo. Ou seja, precisamos ter modelado muitos tipos diferentes de eventos, para que possamos corresponder o sinal ao seu tipo; caso contrário, podemos ser tentados a descartá-lo como ruído ou rotulá-lo erroneamente como uma [fusão](#) de buraco negro.

Um problema com o espaço-tempo do warp drive é que ele não emite ondas gravitacionais naturalmente, a menos que comece ou pare. Nossa ideia era estudar o que aconteceria quando um warp drive parasse, particularmente no caso de algo dar errado. Suponha que o campo de contenção do warp drive entrasse em colapso (um enredo básico na ficção



científica); presumivelmente haveria uma liberação explosiva tanto da matéria exótica quanto das ondas gravitacionais. Isso é algo que podemos simular, e simulamos, usando a relatividade numérica.

O que descobrimos foi que o colapso da bolha de dobra espacial é de fato um evento extremamente violento. A enorme quantidade de energia necessária para dobrar o espaço-tempo é liberada como ondas gravitacionais e ondas de energia de matéria positiva e negativa. Infelizmente, é mais provável que seja o fim da linha para a tripulação da nave, que seria dilacerada pelas forças de maré.