

Hélio-Sismologia: estudo sísmico do Sol

Começemos por apresentar a Hélio-Sismologia; com esta denominação (e tal como a própria palavra sugere) classificamos a área da Astronomia Solar que usa técnicas de sismologia para estudar o Sol. Estas técnicas foram inicialmente desenvolvidas para o estudo da Terra a partir da observação de sismos, mas a sua aplicação é também possível ao estudo de uma estrela. A sismologia é extremamente útil pois permite usar as características das ondas observadas na superfície para estudar toda a região que tais ondas atravessam (ou seja, o interior). Uma analogia simples será, por exemplo, pensarmos em termos das cordas de uma guitarra: se alteramos o comprimento ou a espessura da corda, alteramos o som que esta produz. Desta forma, se estivermos a ouvir uma guitarra (sem a ver) podemos detectar que a corda passou a ser mais comprida, unicamente através da alteração do som que ouvimos. Assim fazemos também com a Terra e com o Sol: ouvimos o som que nos chega à superfície e podemos então estabelecer como é o caminho que foi percorrido até a onda (som) chegar até nós: que material atravessou, qual a sua densidade, a que temperatura está, etc.

Tal como aconteceu com o estudo do interior da Terra, a Hélio-Sismologia tornou-se também numa das áreas da astronomia solar que é hoje essencial no estudo da estrutura e evolução estelar. Tal como foi possível obter informação detalhada das diferentes camadas que compõem o interior da Terra, é também hoje possível, com a observação dos modos próprios (ver Figura 1) de oscilação no Sol, medir propriedades e quantidades no interior do Sol, até então escondidas de nós.

As primeiras observações tiveram lugar no início dos anos 60, no Observatório do Monte Wilson (EUA), por Leighton e colaboradores, tendo estes medido pequenas variações da superfície do Sol, que oscilava (subia e descia) de uma forma periódica. Observações posteriores confirmaram a existência de um espectro que correspondia ao sinal característico de oscilações, cujo período era tipicamente de cerca de 5 minutos. Rapidamente foram desenvolvidas as ferramentas teóricas de base que permitiram compreender as observações e,

mais importante ainda, iniciar o estudo do interior do Sol a partir destas - surgiu assim a Hélio-Sismologia. A rápida melhoria dos dados observacionais foi acompanhada por um desenvolvimento das técnicas que nos permitiram testar os nossos modelos do interior solar, comparando-os em grande detalhe com o próprio Sol.

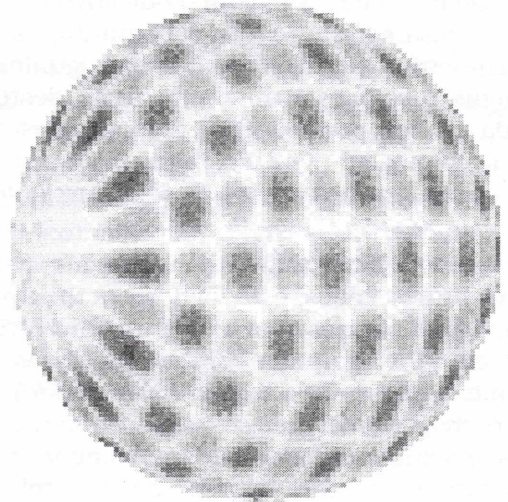


Fig. 1: Representação de um dos modos de oscilação do Sol em que as zonas mais claras representam zonas do Sol em contracção, enquanto que zonas mais escuras indicam regiões em expansão. Após cerca de 5 minutos (período de oscilação) o aspecto da figura inverte-se, trocando as cores.

Visto corresponderem a variações de muito pequena amplitude na superfície, a detecção dos períodos das diferentes ondas requer uma observação prolongada para medirmos com elevada precisão as suas características. Tal significa que as técnicas de observação evoluíram no sentido de maximizar o tempo de exposição. Inicialmente começou por se utilizar um detector colocado no pólo sul terrestre - onde foi pela primeira vez possível observar continuamente as variações da superfície do Sol ao longo de quase um mês. O passo seguinte foi dado com o estabelecimento de redes de observação, que permitem ter um detector apontado ao Sol continuamente, através da combinação de diferentes locais de observação espalhados em longitude (ver por exemplo o GONG - <http://helios.tuc.nao.edu/>). Finalmente, com o lançamento da sonda SOHO (ESA/NASA), com três detectores dedicados à Hélio-Sismologia (ver pág. 3 desta edição e <http://sohowww.estec.esa.nl/>) foi possível obter as características, com enorme precisão, de vários componentes matemáticos que descre-

vem a oscilação. Desta forma é hoje possível testar aspectos extremamente detalhados (com grande precisão) da forma como descrevemos o funcionamento do Sol. Devido às condições do gás no seu interior, o Sol é hoje para nós um laboratório de física de plasmas que seria impossível construir na Terra. Esta é uma das razões porque a Hélio-Sismologia se tornou numa das áreas com mais impacto no estudo da estrutura e evolução das estrelas em geral.

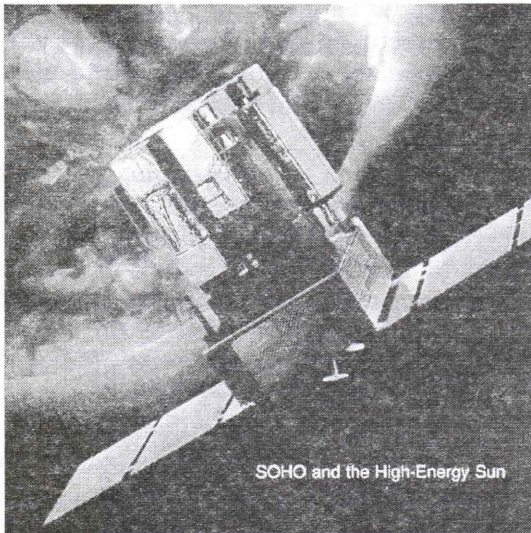


Fig. 2: Montagem de uma imagem da sonda SOHO (ESA/NASA) sobre uma imagem do Sol. Esta sonda, com três detectores para sismologia solar além de vários outros, encontra-se entre a Terra e o Sol, de forma a que a força gravítica total a que está sujeita seja aproximadamente nula.

Entre os resultados que foram mais marcantes para o Sol podemos referir, a título de exemplo, a resolução do problema dos neutrinos solares, sob o ponto de vista da Astronomia. Foi ainda possível avançar em aspectos como a “equação de estado” - que descreve a interacção entre o gás e a radiação -, a rotação no interior (essencial para se compreender a actividade da nossa estrela), o envelope convectivo (região mais exterior, onde o transporte de energia é feito por convecção do gás, isto é, por movimentos ascendentes e descendentes do material), etc. O Sol é importante, pois permite-nos testar com um elevado grau de exigência aspectos dos nossos modelos que são cruciais para representar o comportamento de todas as outras estrelas que estudamos que, estando mais distantes, são mais dificilmente observáveis. Assim, ao melhorarmos a forma como descrevemos o Sol estamos simultaneamente a melhorar a forma como modelamos as outras estrelas, levando a avanços signifi-

vos no estudo da nossa galáxia e mesmo na área da cosmologia, que depende tão crucialmente do conhecimento de aspectos como as idades das estrelas - que são o elemento fundamental no Universo visível.

Vários problemas relacionados com o funcionamento do Sol aguardam ainda resolução. Entre eles, são de destacar todos os aspectos relacionados com a sua zona mais exterior, cujo funcionamento está na base da actividade do Sol (variação temporal da intensidade e número de diversos fenómenos associados ao campo magnético). Neste aspecto, o estudo sísmico do Sol ao longo de vários anos vai-nos permitir descrever as alterações que o Sol sofre, esperando-se assim compreender que processos físicos estão por trás do comportamento observado.

Mas uma das áreas que está neste momento em franca expansão, resultado directo do grande sucesso que teve a Hélio-Sismologia nos últimos 20 anos, é a sismologia de outras estrelas. Embora estejamos sempre limitados pela dificuldade intransponível que é a distância na observação de outras estrelas, é no entanto possível utilizarmos também as variações periódicas da luminosidade destas, para aprendermos mais sobre elas. Ao dispormos de observações sísmicas para diferentes estrelas estamos de facto a olhar para diferentes laboratórios tendo assim uma visão muito mais alargada das condições de validade que os nossos modelos tentam reproduzir. Várias missões estão já previstas envolvendo o lançamento de satélites/sondas que tentarão observar estrelas similares ao Sol (mas com massas diferentes) por longos períodos, de forma a medirmos as suas oscilações. Entre elas, temos o COROT (França), o MONS (Dinamarca) e o MOST (Canadá). Há também propostas submetidas à ESA para o planeamento de futuras missões dedicadas ao estudo sísmico de outras estrelas que não o Sol. Estas missões permitem-nos esperar, para um futuro não muito distante, importantes avanços na modelação de estrelas, resolvendo alguns dos problemas que ao fim de quase um século continuam a intrigar-nos. Com a participação de Portugal na ESA, e em outros projectos de Sismologia Estelar, esperamos fazer parte deste processo que nos levará até mais perto do “coração das estrelas”.

Doutor Mário João P.F.G. Monteiro

Centro de Astrofísica e Faculdade de Ciências,
Universidade do Porto