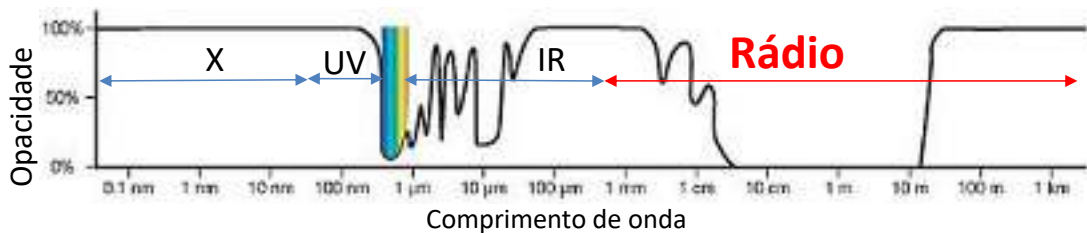


O Universo no meu bolso

# Radiotelescópios



Laurent Pagani  
CNRS & Observatoire de  
Paris-PSL



Transparência do céu em função do comprimento de onda. As ondas de rádio cobrem de cerca de 1 mm a dezenas de km em comprimento de onda. O céu é totalmente transparente de 3 cm a 20 m e parcialmente transparente entre 3 cm e 0,3 mm. Em comprimentos de onda curtos, é vantajoso instalar radiotelescópios em altas altitudes para melhorar a transmissão parcialmente bloqueada pelo vapor de água, que está principalmente presente em elevações menores.



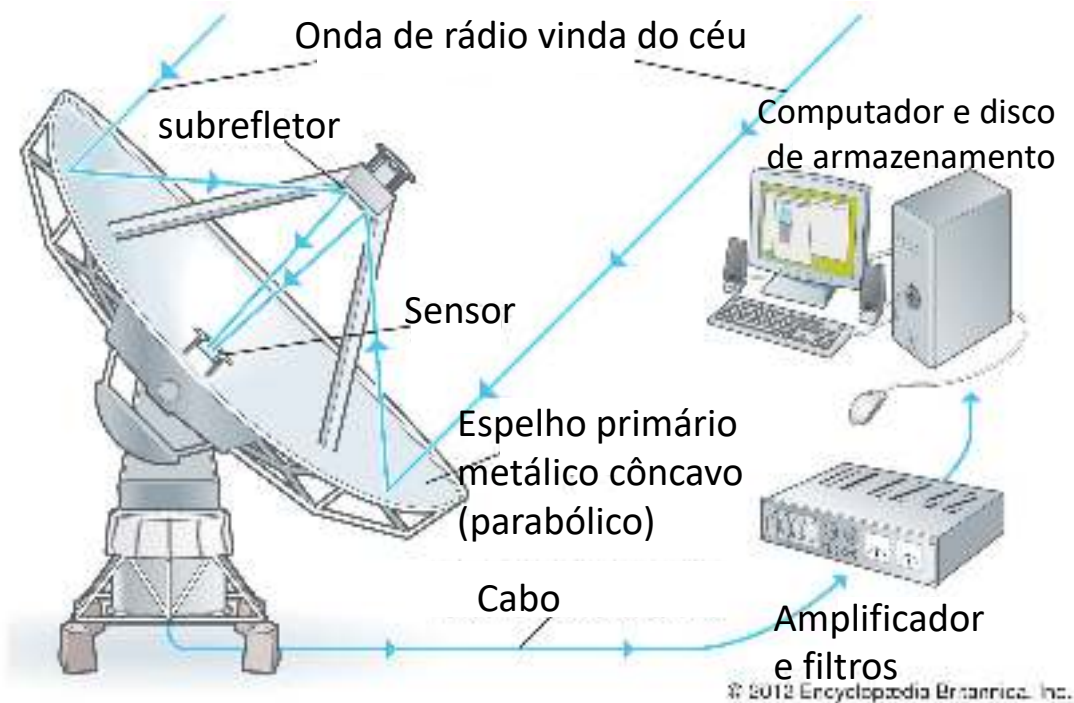
Todos esses dispositivos funcionam com o mesmo princípio:

Eles capturam uma onda de rádio, que é amplificada e desmodulada para virar som ou imagem.

# Introdução

Para observar o cosmos, devemos capturar as mensagens que ele nos envia (ver TUIMP 43). O mensageiro mais conhecido é a luz, da qual apenas uma pequena parte pode ser capturada pelo olho (a chamada luz 'visível', que consiste nas cores do arco-íris). Mas existem muitos outros tipos de luz, um dos quais foi descoberto no final do século XIX e tem sido amplamente utilizado desde então: ondas de rádio.

Essas ondas têm um comprimento ( $\lambda$ ) muito longo em comparação com a luz visível (de mil a bilhões de vezes mais longo) e, portanto, uma frequência ( $\nu$ ) muito baixa ( $c = \lambda \times \nu$ , onde  $c$  é a velocidade da luz). Conseguimos construir muitos dispositivos para transmitir e receber ondas de rádio, como rádios ou televisões, walkie-talkies, telefones celulares e radares.



Esquema de um radiotelescópio. O espelho primário, metálico e grande, reflete o sinal para um espelho secundário e, em seguida, para um detector. O sinal é então amplificado e filtrado em uma faixa de frequência para ser finalmente analisado por um computador. Se a frequência for muito alta para ser amplificada diretamente, a frequência é alterada primeiro, para um valor mais baixo, antes de ser amplificada. Esta é a chamada técnica heteródina.

## Técnica de rádio

Devido à sua baixa energia, a natureza corpuscular da luz de rádio (ver TUIMP 43) geralmente não se manifesta.

Em vez disso, ela interage como uma onda, composta por uma parte elétrica e uma parte magnética. Ela é emitida ou recebida com uma antena - geralmente uma estrutura de metal, sensível ao campo elétrico da onda de rádio na recepção, ou criando este campo elétrico na transmissão.

A radioastronomia usa todas as técnicas de rádio associadas a grandes antenas apontadas para o céu para capturar os sinais muito fracos que nos chegam do Universo.

Observe que os radiotelescópios podem observar tanto durante o dia quanto à noite já que o céu não emite ondas de rádio.



## Antena de um radar Würzburg

A emissão do Sol foi detectada pela primeira vez em 1942 pelo físico britânico James Hey. Esta descoberta permaneceu secreta porque os Aliados sabiam que seus aviões, se tivessem o sol atrás deles, não seriam detectados pelos radares alemães.

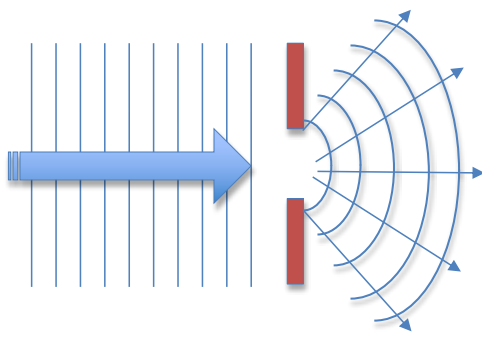
Esses radares alemães (chamados Würzburg) foram reutilizados após a Segunda Guerra Mundial para dar os primeiros passos na radioastronomia na Europa.

Após tentativas iniciais malsucedidas de detectar ondas de rádio do Sol entre 1896 e 1901, foi Karl Jansky quem fez a primeira descoberta de ondas de rádio extraterrestres, vindas do centro da Via Láctea, em 1932.

A partir de então, a radioastronomia fez rápidos progressos para se tornar uma ciência rica e muito complementar à astronomia óptica tradicional (ver [TUIMP 46](#)).

A radioastronomia pode realizar a detecção direta da luz, como na óptica (medindo a energia do sinal) ou na detecção heteródina (medindo o campo elétrico incidente), o que permite amplificar o sinal e filtrá-lo com alta precisão graças à eletrônica de radiofrequência.





Padrão de difração:  
a onda que chega ao  
obstáculo se  
dispersa em várias  
direções.



O FAST, na China, com 500 m de diâmetro, é o maior radiotelescópio fixo do mundo.



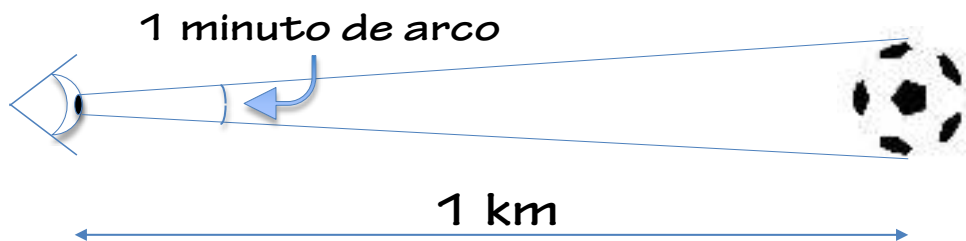
O Green Bank  
Telescope, nos EUA,  
com um diâmetro de  
aproximadamente  
100 m, é o maior  
telescópio móvel do  
mundo.



# Tamanho e resolução

Para a luz visível, a resolução dos telescópios é limitada pela turbulência atmosférica. Este problema não existe no rádio e a difração é perceptível (ver figura na página oposta). A resolução angular é  $\theta \approx 1,2 \lambda / D$ ;  $\lambda$  é o comprimento de onda,  $D$  o diâmetro do telescópio e  $\theta$  está em minutos de arco.

Como  $\lambda$  é grande, a difração é substancial, limitando o poder de resolução dos radiotelescópios. Para mitigar isso, os radioastrônomos usam antenas extremamente grandes que são muito sensíveis à interferência elétrica. Elas estão localizadas longe de centros urbanos e fábricas que produzem interferência elétrica. Por isso, certas radiofrequências são protegidas de pela União Internacional de Telecomunicações (UIT).



Alguns exemplos de resolução angular:

O olho tem uma resolução de um minuto de arco, portanto, seria possível distinguir 2 bolas de futebol lado a lado a 1 km de distância.

Um telescópio óptico tem uma resolução de um segundo de arco. Isso é 60 vezes melhor que o olho, então ele pode distinguir 2 bolas até 60 km de distância ou 2 dados a 1 km.

O FAST tem ainda menos resolução que o olho: três minutos de arco. Ele só pode separar as 2 bolas a 300 m (menos que o tamanho da antena!).

Os radiointerferômetros podem ver detalhes minúsculos. Sua resolução é medida em milésimos ou até milionésimos de um segundo de arco.

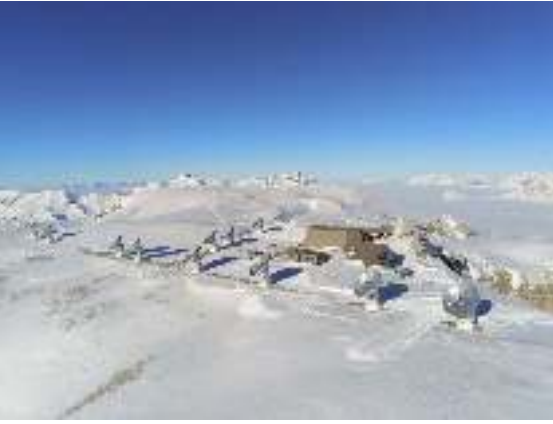
Nesta resolução extrema, eles poderiam ver uma bolinha de pingue-pongue na Lua.

# Interferômetros

Os radiotelescópios também podem ser feitos colocando várias antenas em serviço e combinando seus sinais simultaneamente. Isso é chamado de 'radiointerferometria', pois os sinais vindos de todas as antenas são misturados ou 'interferidos' uns com os outros. As distâncias entre as antenas podem ser enormes, até o tamanho da Terra, ou ainda maiores se uma das antenas for colocada em órbita, como é o caso do telescópio russo RadioAstron de 10 m.

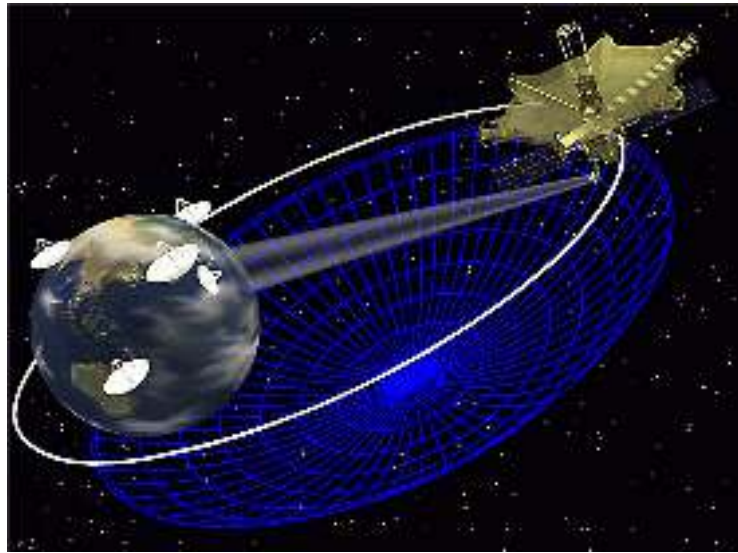
A resolução de um interferômetro é semelhante à de um radiotelescópio de prato único com um diâmetro igual à separação entre as duas antenas mais distantes. Um telescópio de prato único tão grande seria impossível de construir.

Veja as ilustrações na página 12.



NOEMA, o interferômetro Plateau de Bure (IRAM). 12 antenas de 15 m de diâmetro cada observam a mesma fonte astronômica simultaneamente.

O radiotelescópio russo RadioAstron de 10 m em órbita ao redor da Terra observa uma fonte astronômica ao mesmo tempo que os telescópios no solo. A resolução é a de um radiotelescópio equivalente maior que a Terra (representado em azul na figura), mas a superfície coletora permanece muito pequena, então apenas objetos muito brilhantes podem ser observados.



# Mapeamento

Radiotelescópios de prato único geralmente observam apenas um ponto no céu por vez (chamado de 'pixel') pois seu receptor tem apenas um sensor. Para obter uma imagem, o telescópio deve escanear toda a superfície ponto por ponto. Esses pontos são então reunidos para obter uma imagem, ou 'mapa'. Por outro lado, seus receptores podem detectar uma ampla gama de frequências ao mesmo tempo com uma 'resolução espectral' muito alta. Isso torna possível medir movimentos muito pequenos nas nuvens onde as estrelas são formadas e identificar centenas de moléculas interestelares diferentes.

Alguns radiotelescópios têm receptores com centenas a milhares de pixels, como uma câmera, mas sem resolução espectral. Esses receptores são chamados de 'bolômetros'; eles são úteis para observar poeira interestelar fria que emite ondas de rádio de alta frequência.



# Quiz

Quais imagens mostram interferômetros?



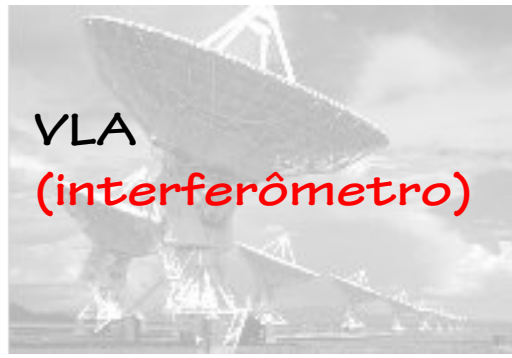
Resposta no verso



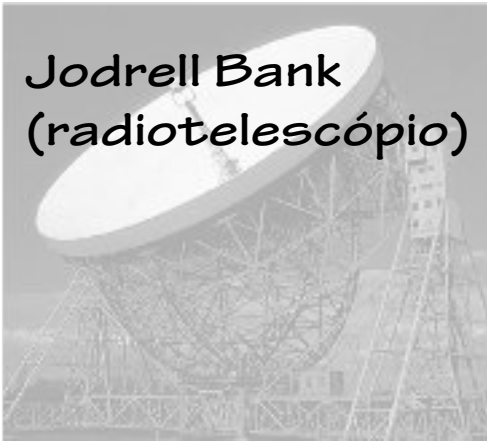
Antena de Corneta  
da Bell Labs  
(radiotelescópio)



VLA  
(interferômetro)



Jodrell Bank  
(radiotelescópio)



APEX (visto por  
trás)  
(radiotelescópio)



# Resposta

Interferômetros são  
sempre compostos por  
várias  
antenas.

Nobeyama  
radioheliógrafo  
(interferômetro)



Observatório  
Espacial  
Herschel  
(radiotelescópio)





## O Universo no meu bolso nº 45

Este livrinho foi escrito em 2025 por  
Laurent Pagani do Observatoire de Paris  
e do CNRS e revisado por Grażyna  
Stasińska do Observatoire de Paris e  
Stan Kurtz do IRyA (Morelia, México)

Imagem da capa: um dos mais recentes  
radiotelescópios: MEERKAT  
(A menos que especificado de outra forma,  
créditos gerais: Wikipedia)



Para saber mais sobre esta  
coleção e os temas  
apresentados neste livrinho,  
visite <http://www.tuimp.org>

Tradução: : Fábio Herpich  
TUIMP Creative Commons

