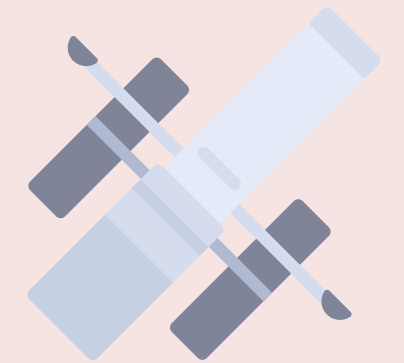


Telescópios e Observações Astronômicas

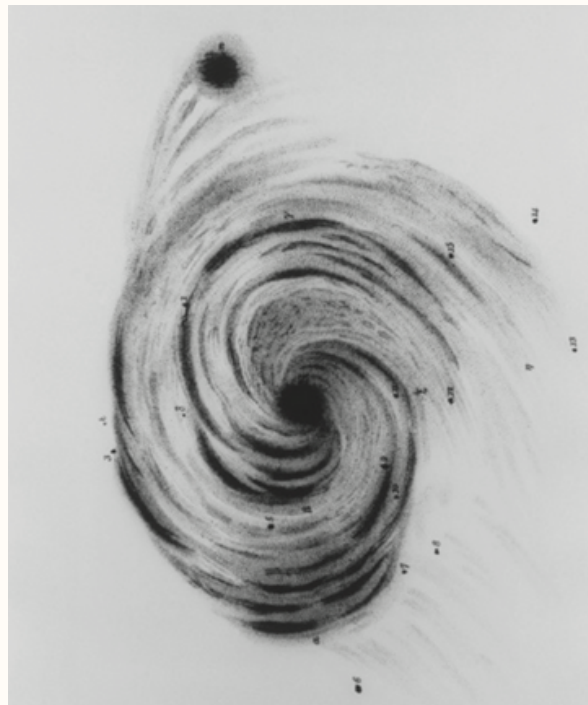


FIS2009 - Explorando o Universo
Professora Dra. Ana L. Chies Santos

ana.chies@ufrgs.br ✉

[@anachies_santos](https://twitter.com/anachies_santos) 🐦

M51



Lord Rosse, 1845,
1.8 m, reflecting telescope



a) 0.4; 0.7 μm
b) vis-blue/green; ir-red
c) 3.6; 4.5; 8 μm
d) 24 μm

Tópicos

da aula de hoje

- Elementos de uma observação
- Telescópios
- Diferentes comprimentos de onda
- Detectores
- Futuro

Quais os
elementos de
uma
observação
astronômica?

Quais os elementos de uma observação astronômica?



Observador



O alvo ou objeto da observação



O carregador de informação



Um meio de propagação da informação



Ferramenta que viabilize a observação



Dado astronômico

mentimeter

Foto digital com celular

Fonte

Detector

Instrumentos

Carregador de informação

Meio



Foto tirada em La Serena e 8
Março, 2020

Qual a função do telescópio?



Coletar luz → olho grande!

→ pupila humana dilatada: 8mm

→ telescópio com superfície coletora de $D=1\text{m}$: coleta $(1000/8)^2 = > 15000$ vezes mais luz que o olho humano a cada instante!

Resolução → capacidade limite (teórica) de separar objetos próximos: $1.22 \lambda/D$

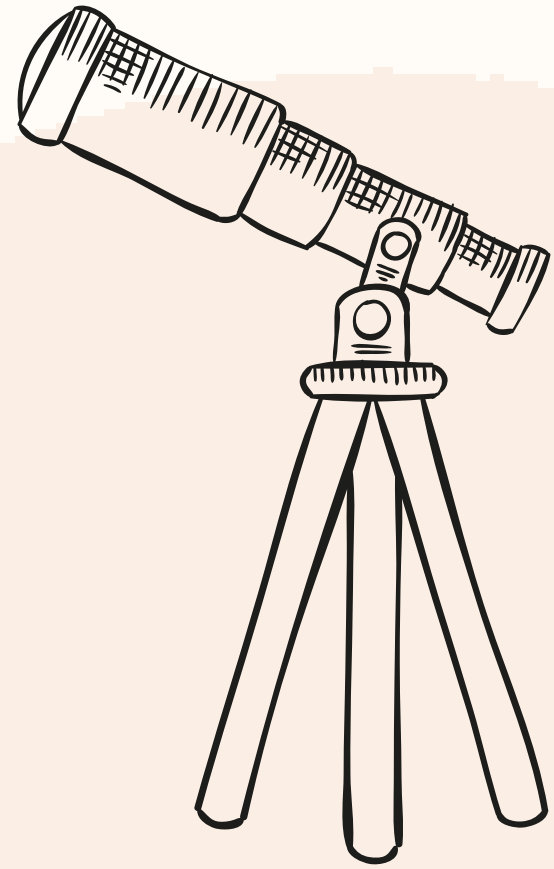
→ mesmo telescópio acima: resolução $1000/8 = 125$ vezes melhor que o olho.

→ efeitos causados pelo meio atmosférico impedem que essa resolução seja atingida na maioria das imagens ópticas.

Amplificação da imagem (= quantas vezes aumenta)

Capacidade de detectar coisas fracas (coleta de luz)

Capacidade de resolver objetos próximos (resolução).



Observação com telescópio e ocular

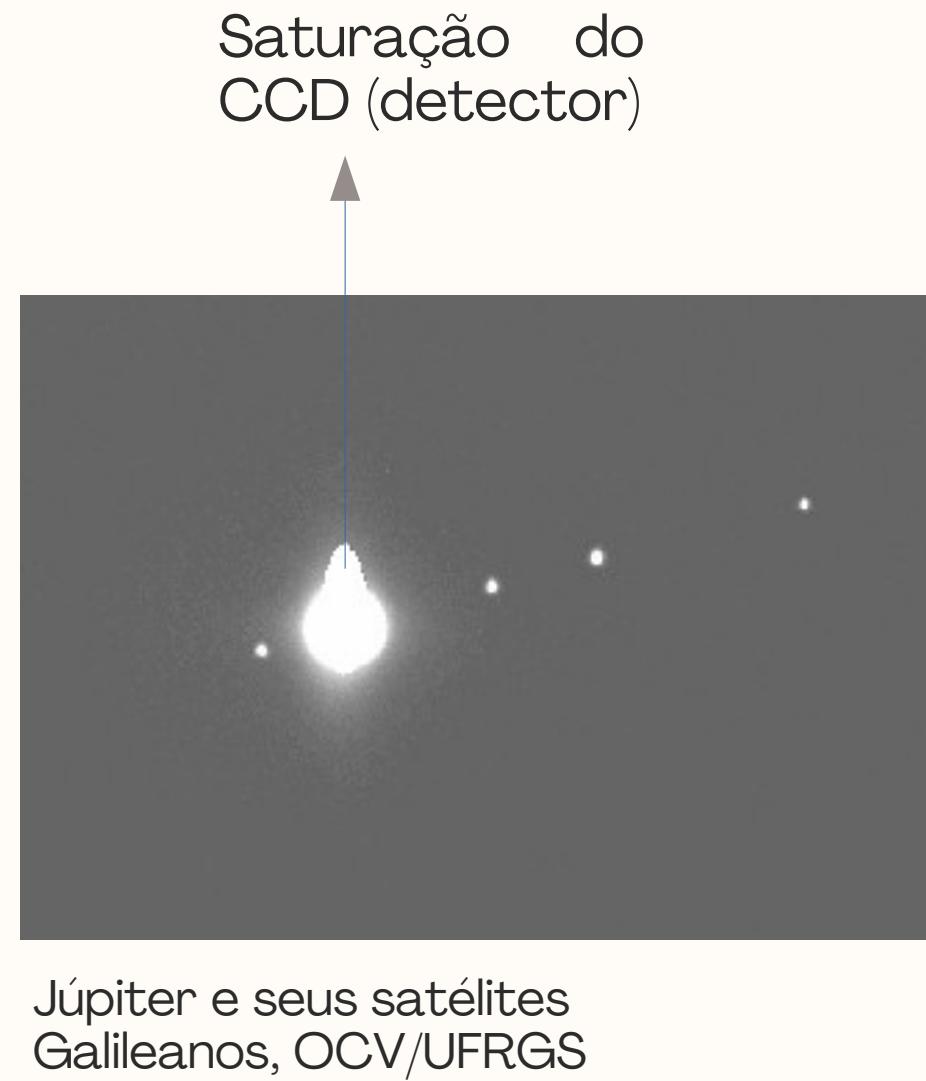
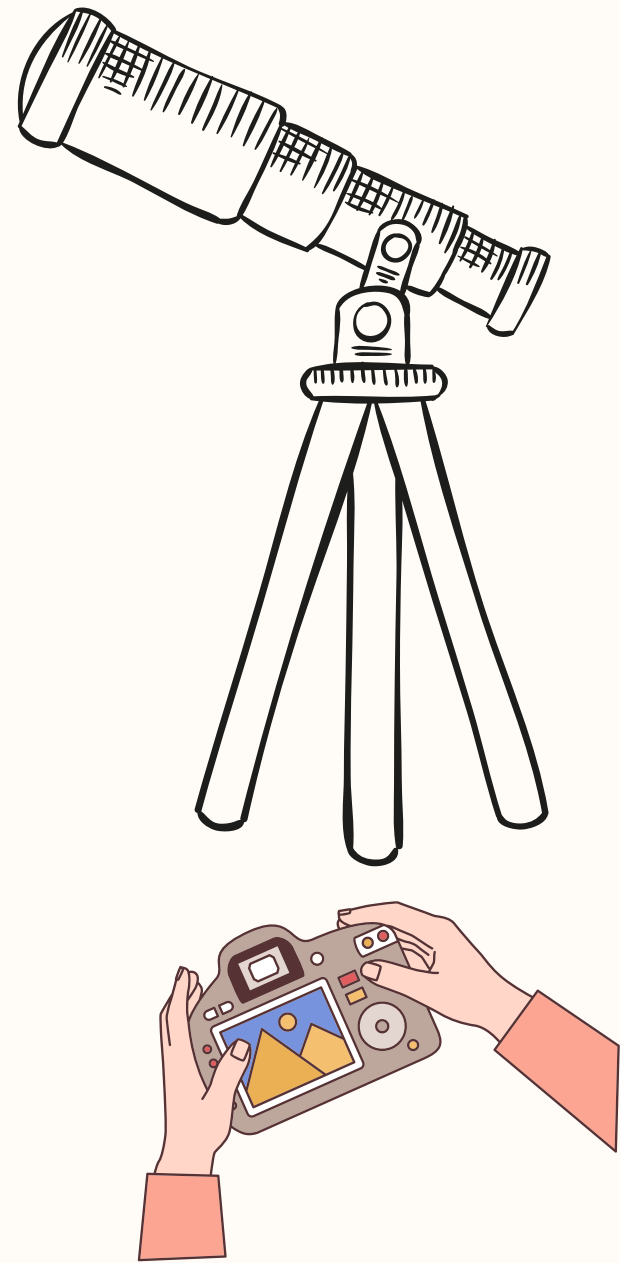
Amplificação da imagem: F/f , onde F e f são a *distância focal* do **telescópio** e da **ocular**, respectivamente.

Exemplo:

Telescópio Meade, $F=300\text{cm}=3000\text{mm}$

Ocular de $f=25\text{mm}$ → Amplificação:
 $3000/25 = 120X$

Observação com telescópio e camera digital



Fontes

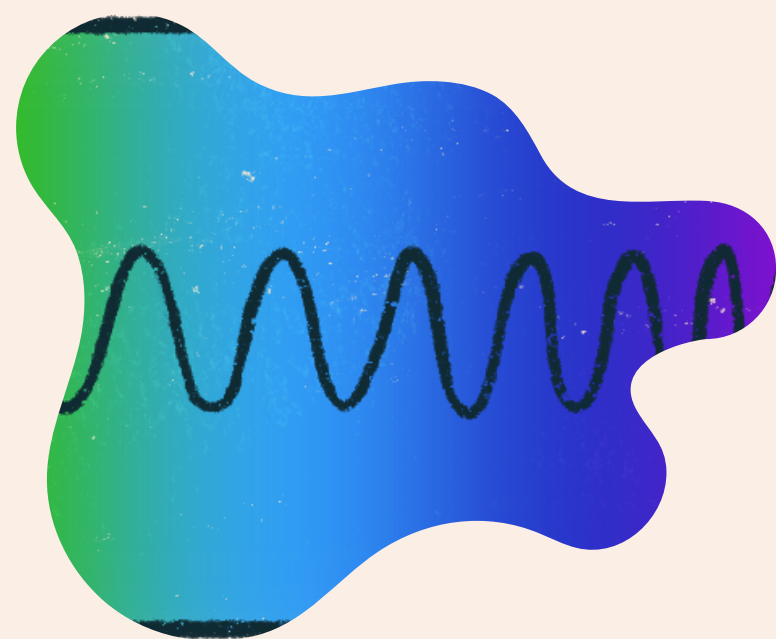
Detector

Instrumentos

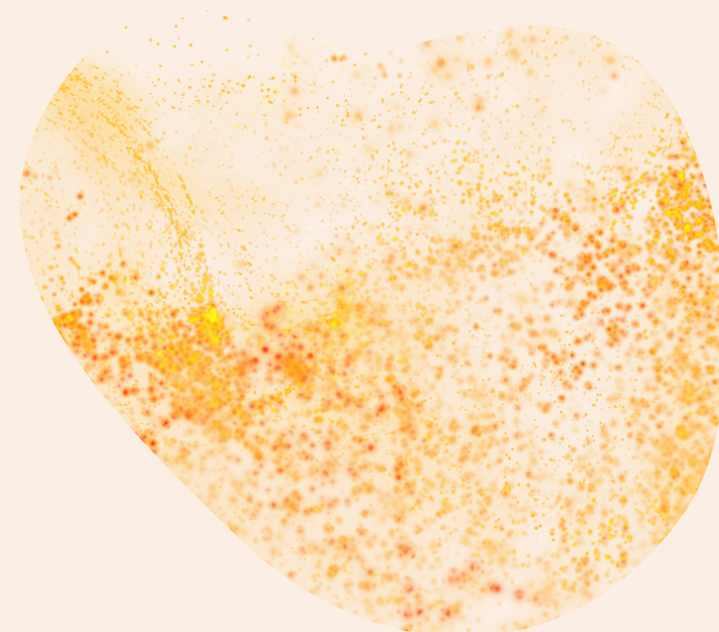
Carregador de informação

Meio

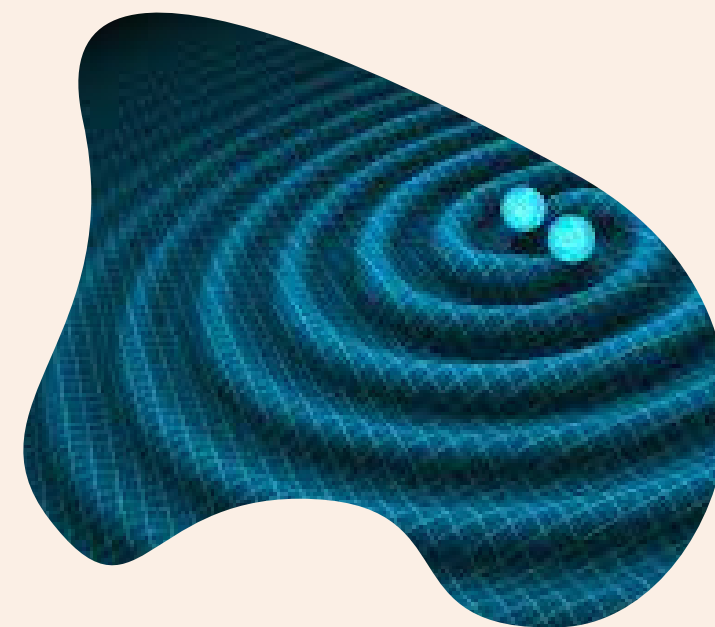
Carregadores de informação



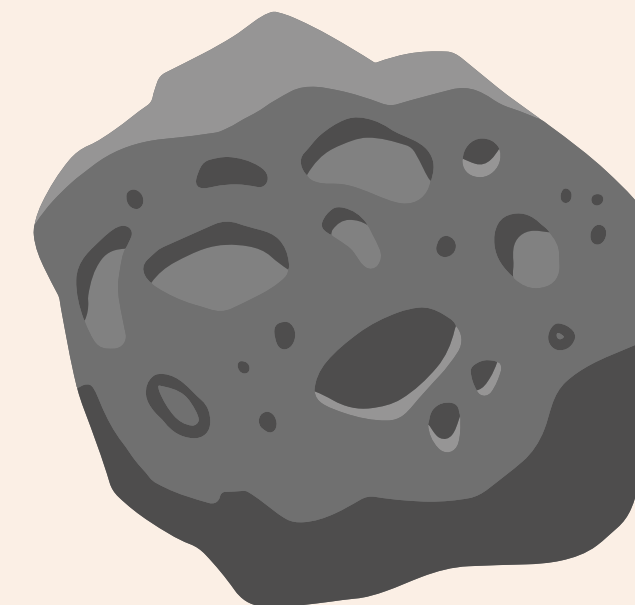
Radiação eletromagnética: luz visível, UV, infravermelho, ondas de rádio



Partículas atômicas e subatômicas: vento solar, raios cósmicos, neutrinos

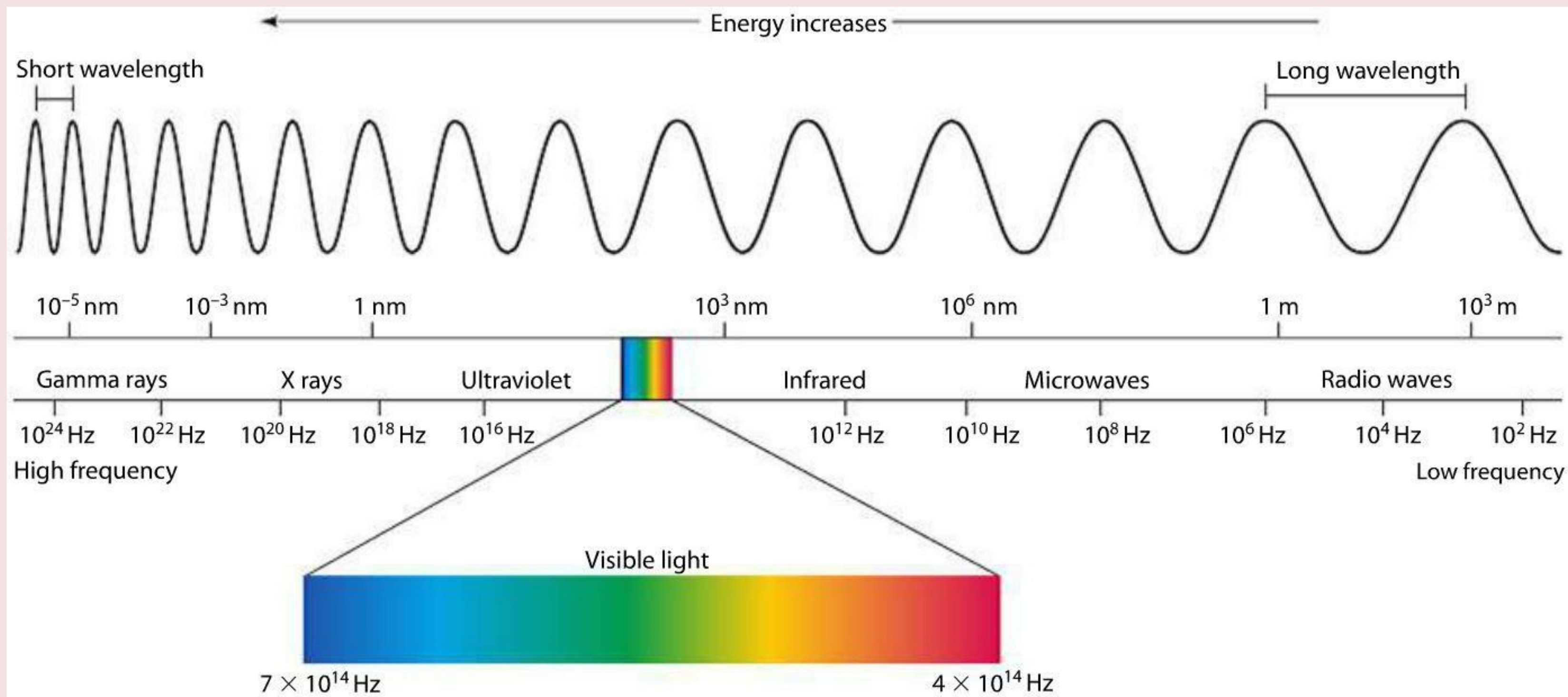


Radiação gravitacional (recente)




Materiais coletados/analizados in situ (ex.: rochas lunares, superfície de Marte).

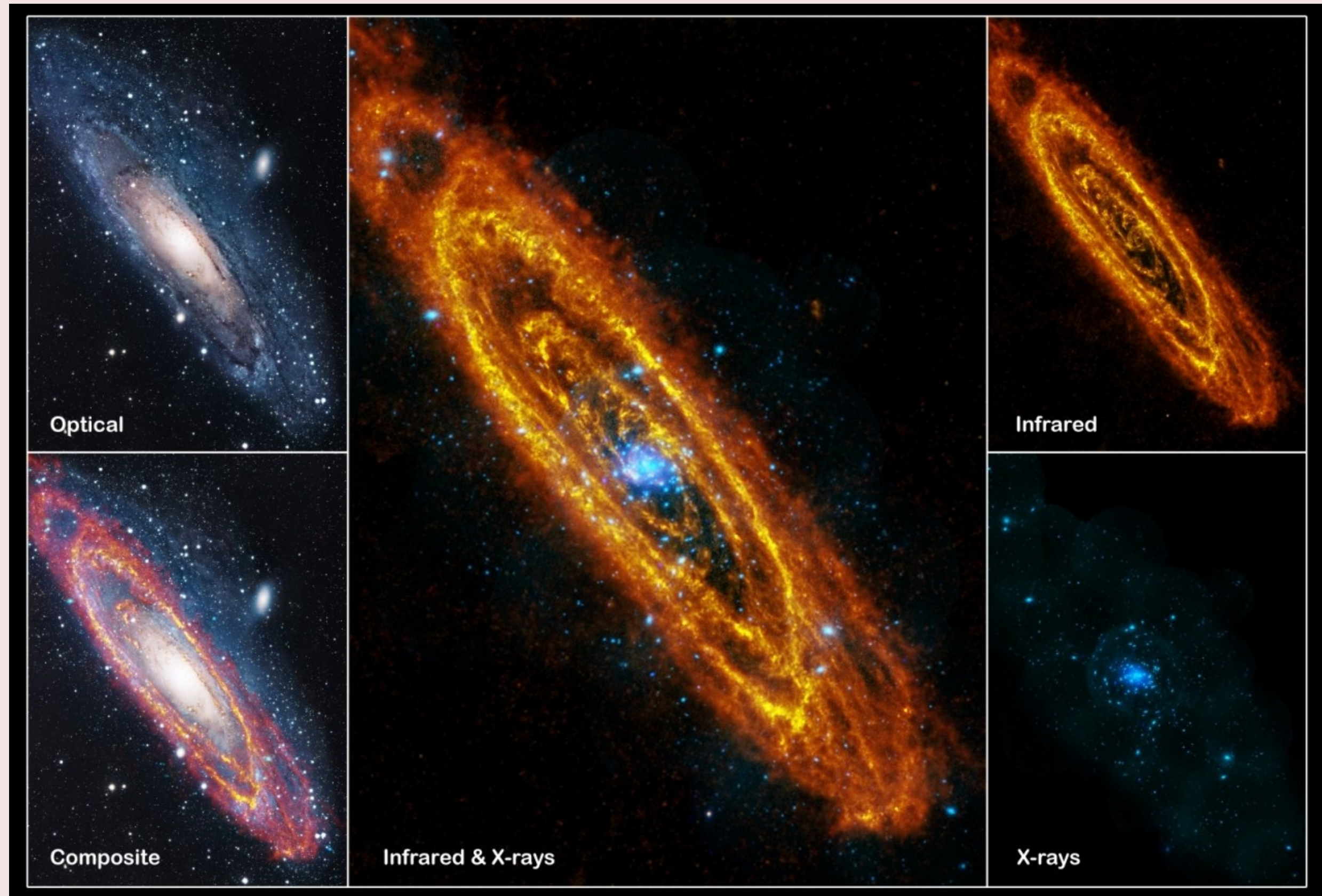
Espectro eletromagnético



Processos/objetos por domínio espectral

- 
- **Raios gama:** reações nucleares, aniquilação de partículas, partículas fortemente aceleradas (campos magnéticos, explosões, colisões de partículas): quasares, pulsares, supernovas
 - **Raios-X:** gás a altas temperaturas: gás em aglomerados, remanescentes de supernovas. Material a altas temperaturas, pressão e densidade: binárias de contato, estrelas de neutrons
 - **UV:** estrelas quentes
 - **Óptico e infra-vermelho próximo:** grande maioria das estrelas, gás quente, galáxias normais no Universo próximo, planetas jovens
 - **Infra-vermelho médio:** estrelas muito frias, planetas e satélites, poeira quente, galáxias distantes
 - **Infra-vermelho distante:** poeira fria, galáxias com formação estelar e ricas em poeira, gás molecular, galáxias muito distantes
 - **Micro-ondas:** radiação primordial do Universo
 - **Rádio:** hidrogênio neutro, remanescentes de supernovas, partículas aceleradas, pulsares

Andrômeda óptico, infravermelho e raios-X



Radiogaláxia Cygnus A

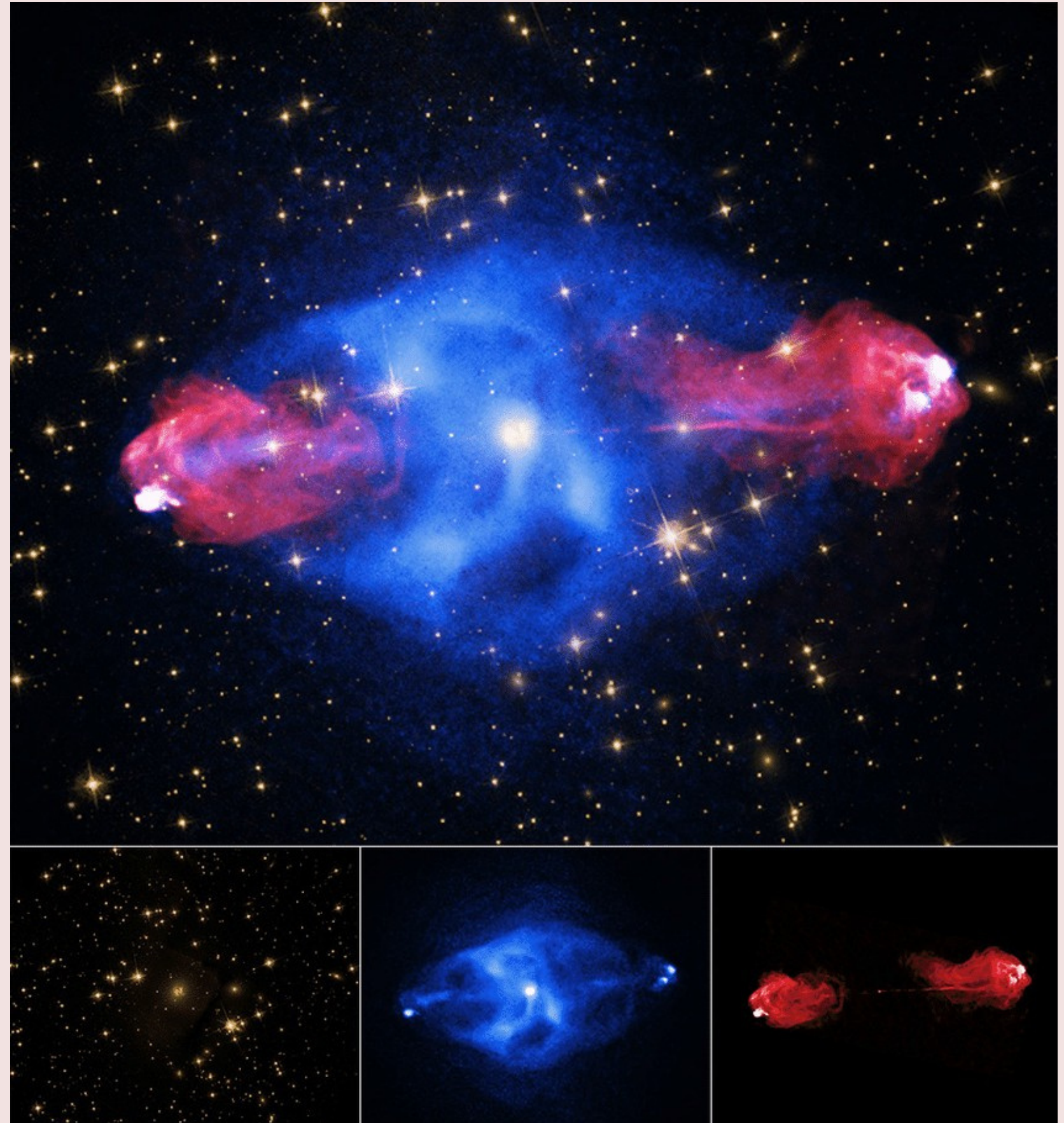
Em azul, raios-X (telescópio espacial Chandra)

Em vermelho, rádio

(interferometria com VLA)

Ambas combinadas com imagem

óptica, obtida com Hubble e Sloan Digital Sky Survey.



Tipos de Telescópios

Elemento de coleta

- espelhos (refletores)
- lentes (refratores)

Montagem

- equatorial: se move paralelo e perpendicular ao equador
- alto-azimutal: se move vertical e horizontalmente

Foco

- primário, Newtoniano, Cassegrain, Coudé, Nysmith, ...

Aberrações e suas correções

- lentes: aberração cromática
- espelhos esféricos: aberração esférica
- coma: espelhos parabólicos

Tipos comuns de foco

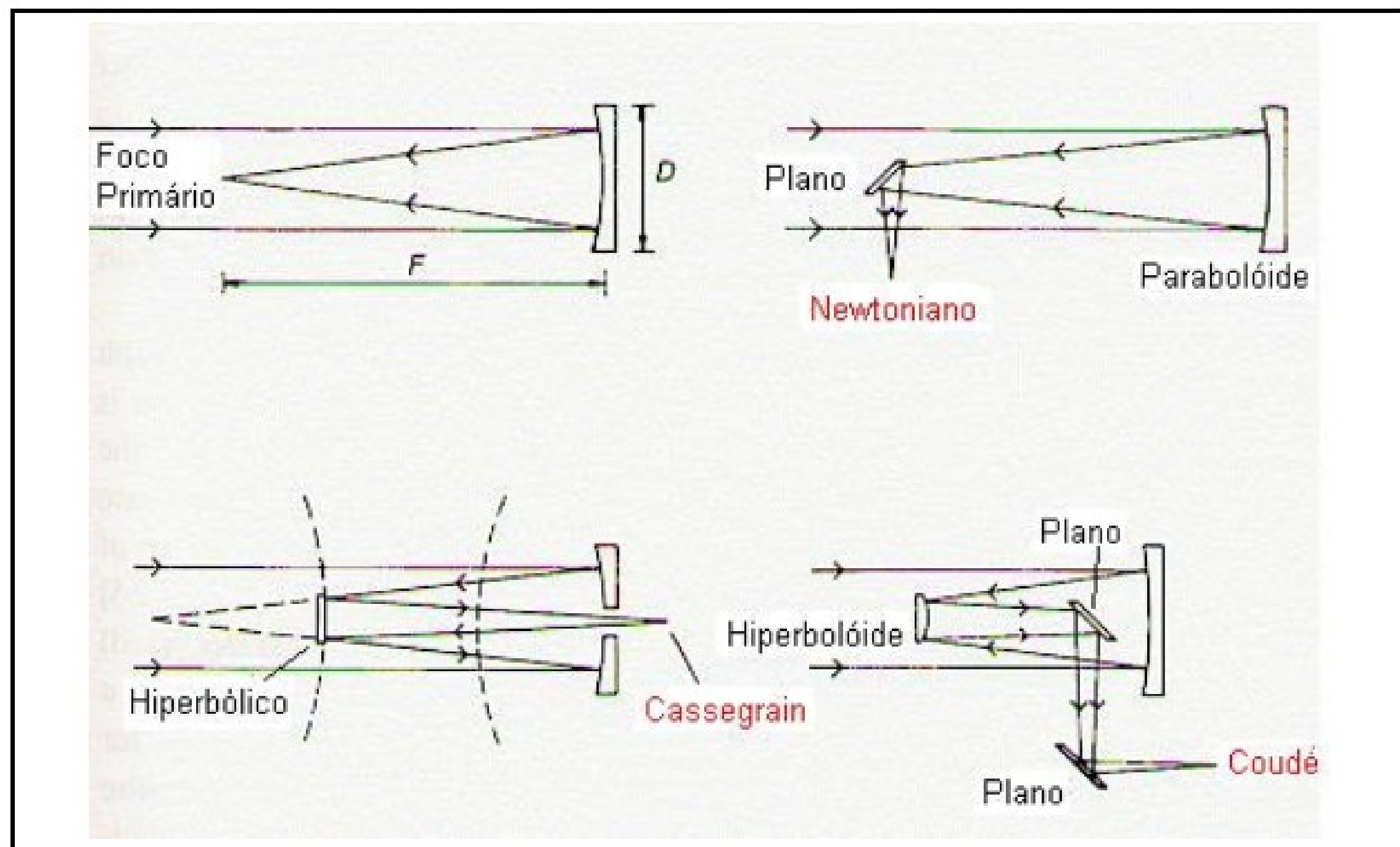
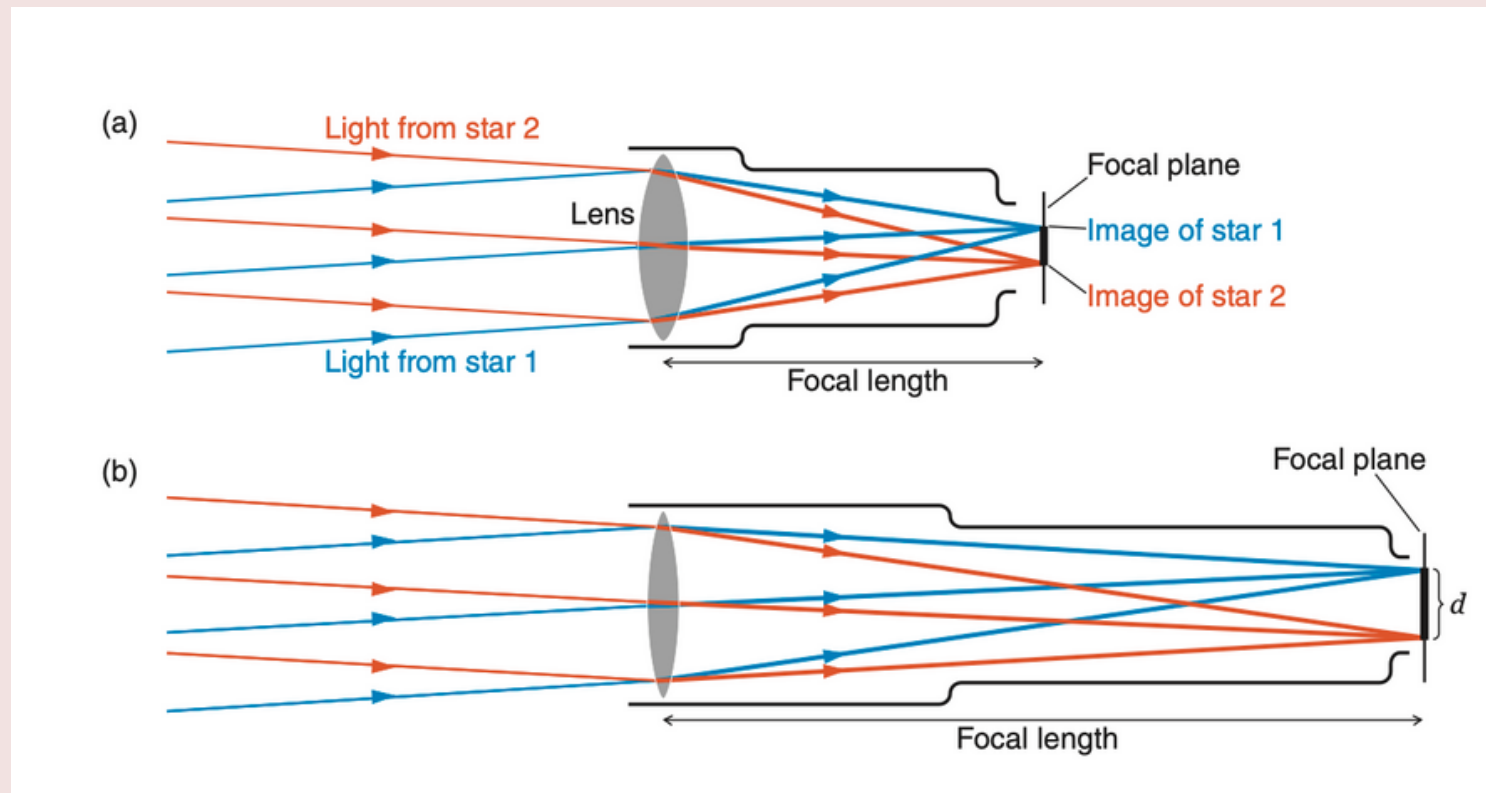
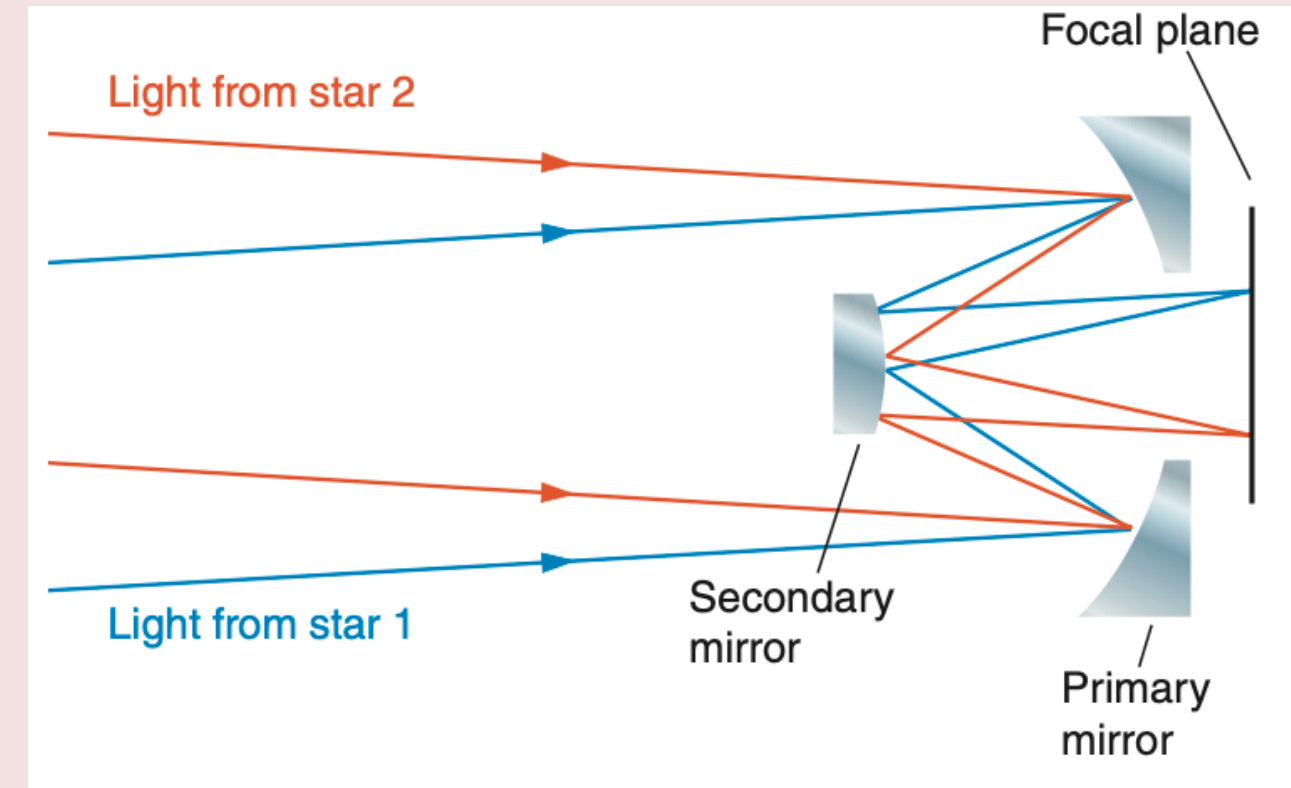


Figura 5. Principais tipos de focos utilizados na construção de telescópios refletor.

Um telescópio **refrator** usa lentes para coletar e focar a luz de duas estrelas formando imagens das estrelas no plano focal.



Telescópios com comprimento focal maior produzem imagens mais separadas de dados dois objetos que telescópios com comprimento focal menor



Telescópios **reflectores** usam espelhos para coletar e focar a luz. Telescópios grandes normalmente usam um espelho secundário para direcionar a luz para um furo no espelho primário para o plano focal atrás do espelho primário

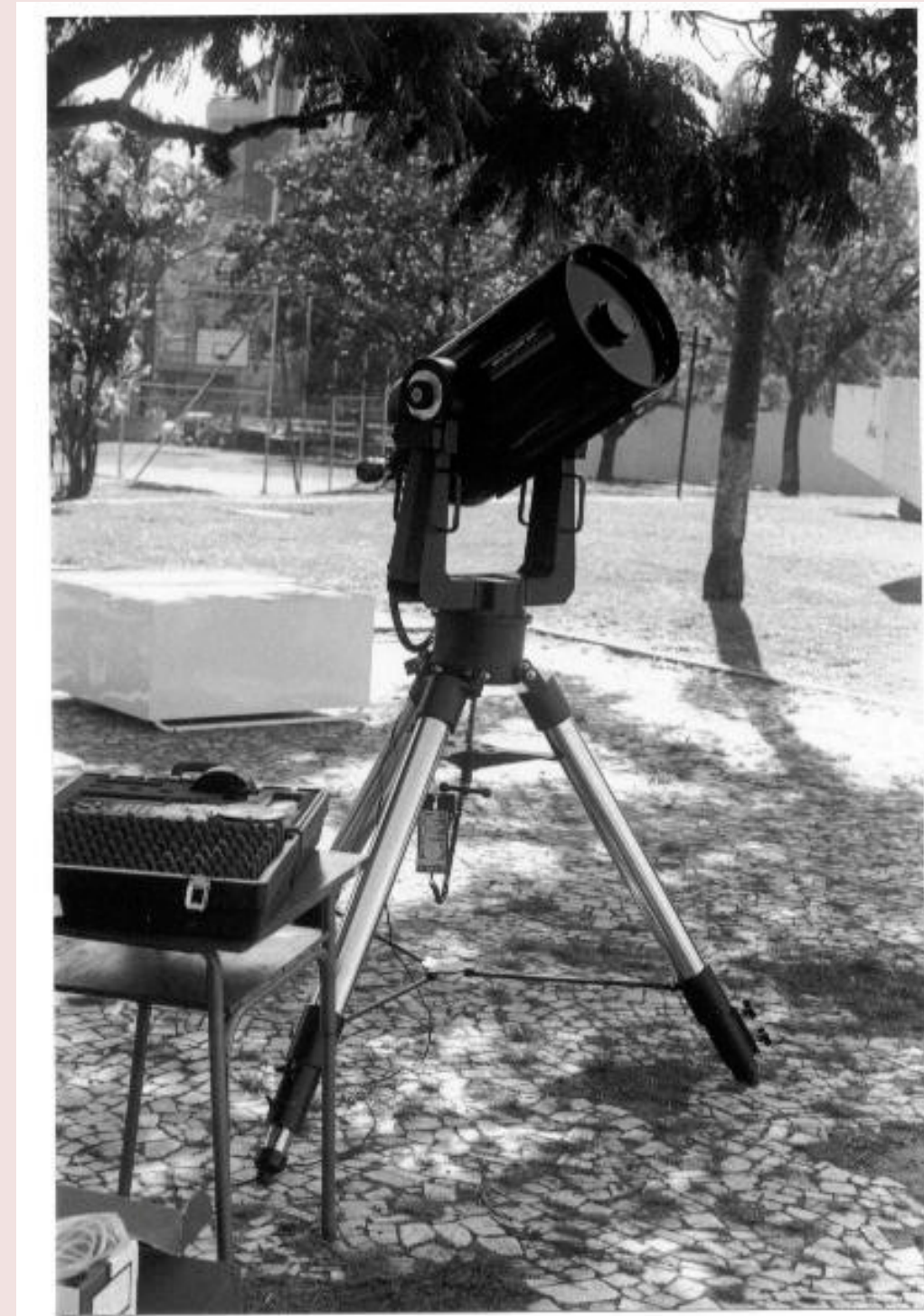
Foco newtoniano, montagem
altoazimutal simplificada. Chamado
de telescópio Dobsoniano



Os nossos telescópios

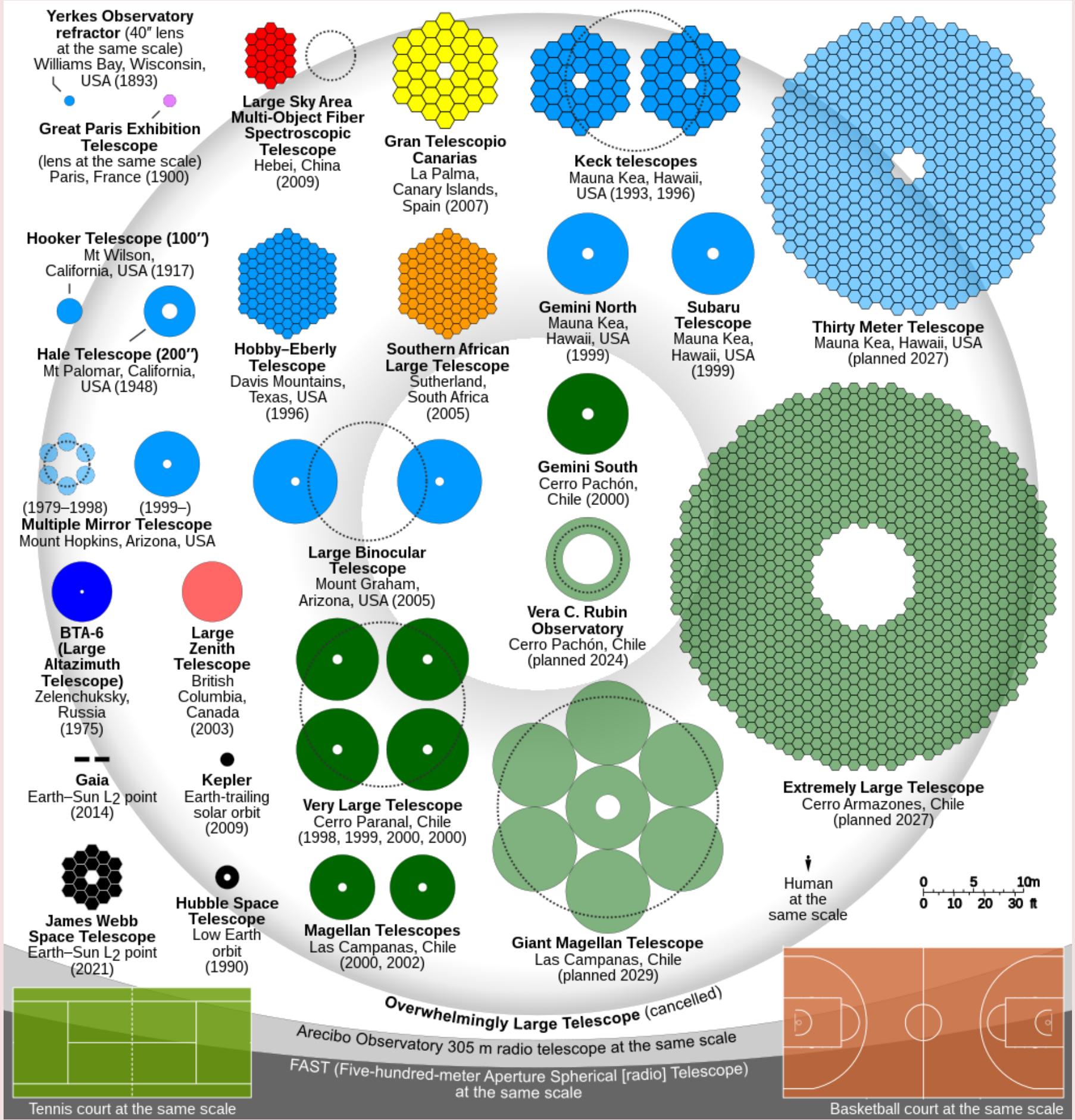


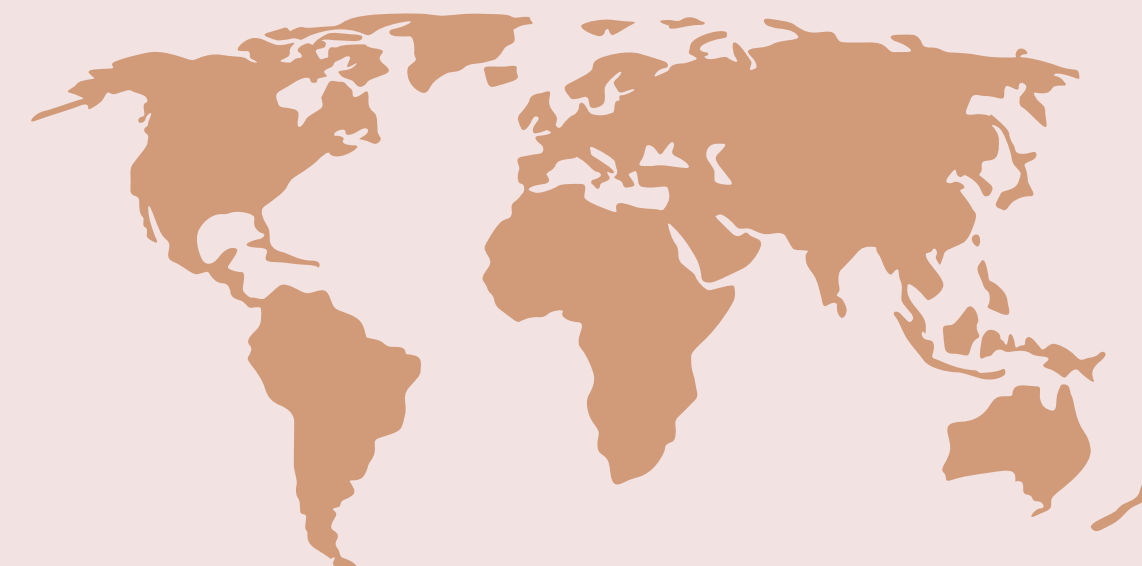
Refrator situado no campus central, montagem equatorial



Refletor usado em observações didáticas (espelho esférico $D=30\text{cm}$, lente corretora, foco Cassegrain, montagem alto-azimutal)

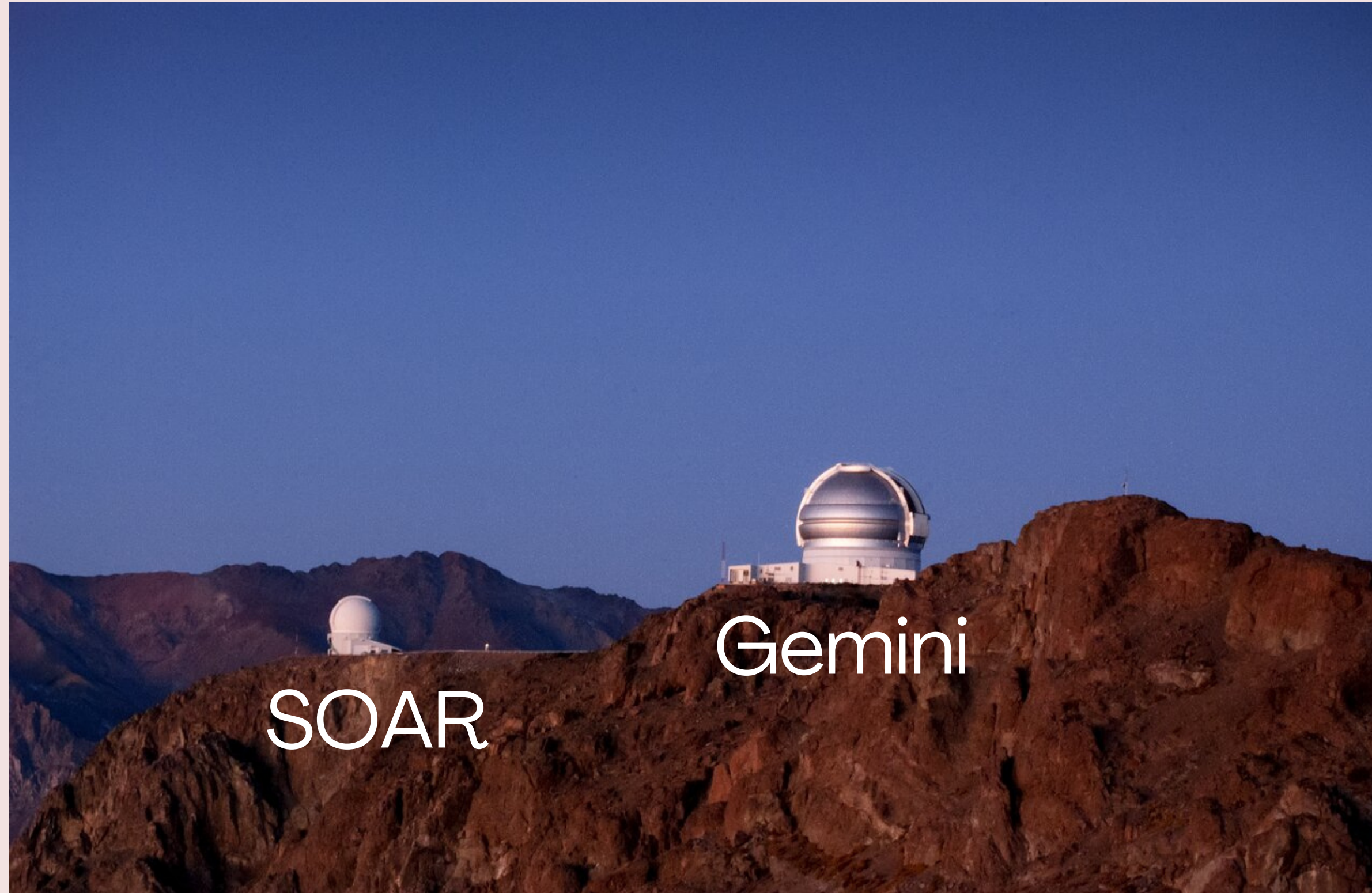
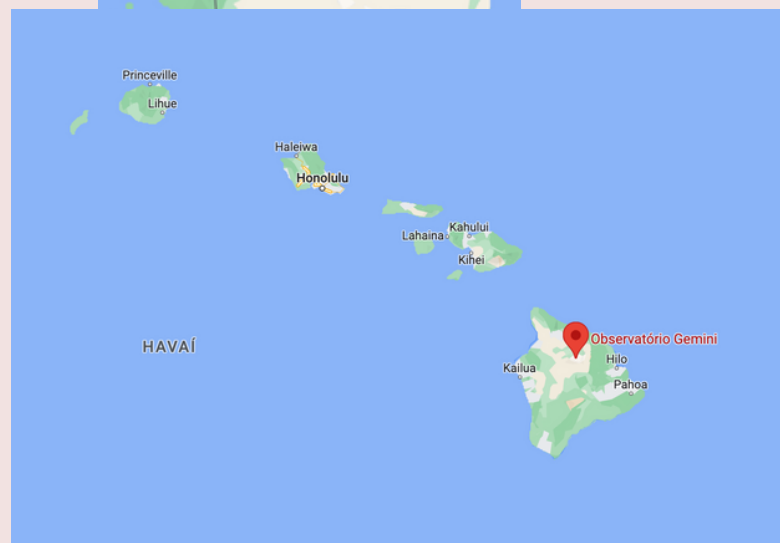
Grandes Telescópios Ópticos/Infravermelhos





Observatórios ao redor do mundo

Grandes telescópios ópticos

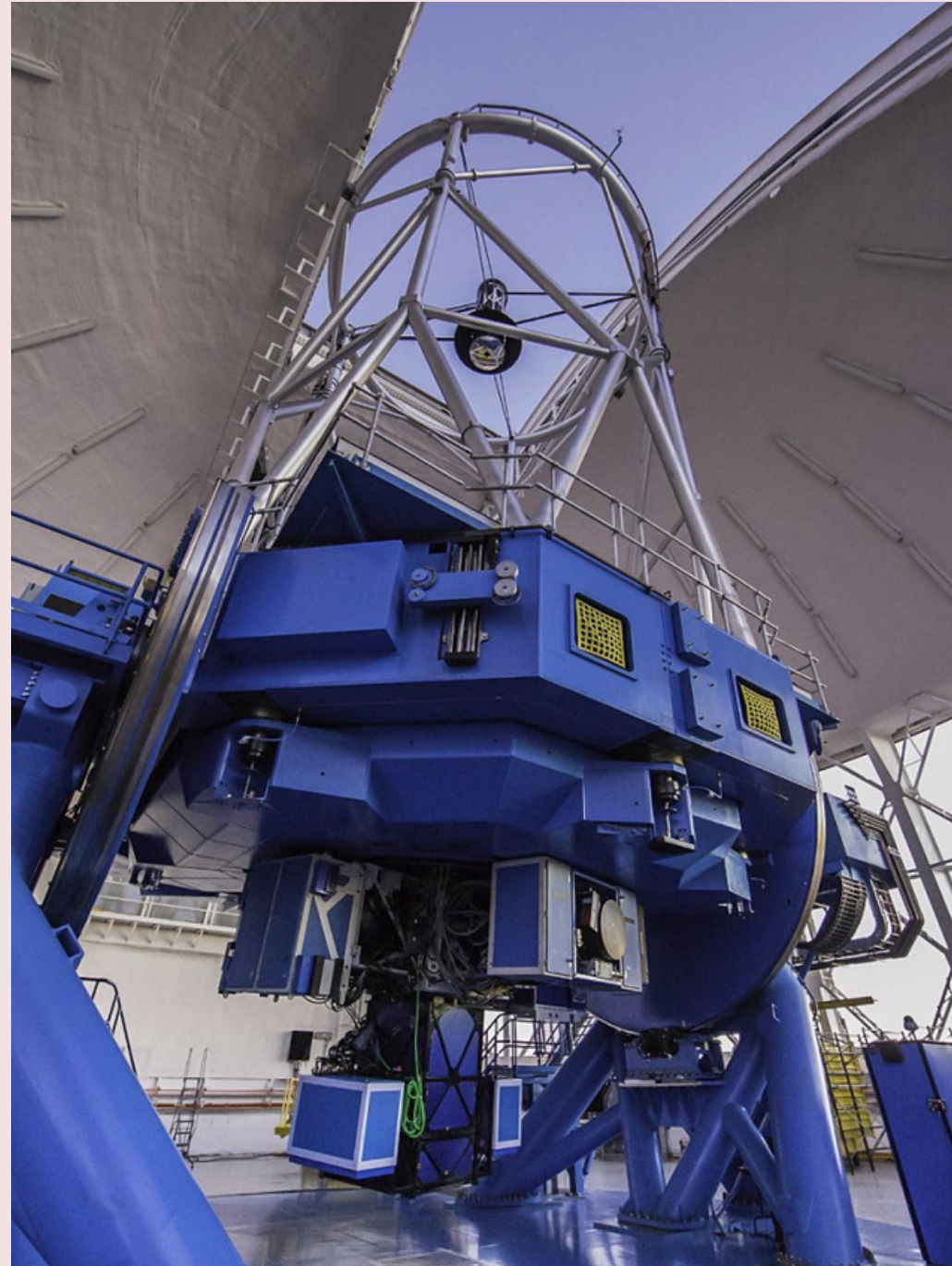


Gemini

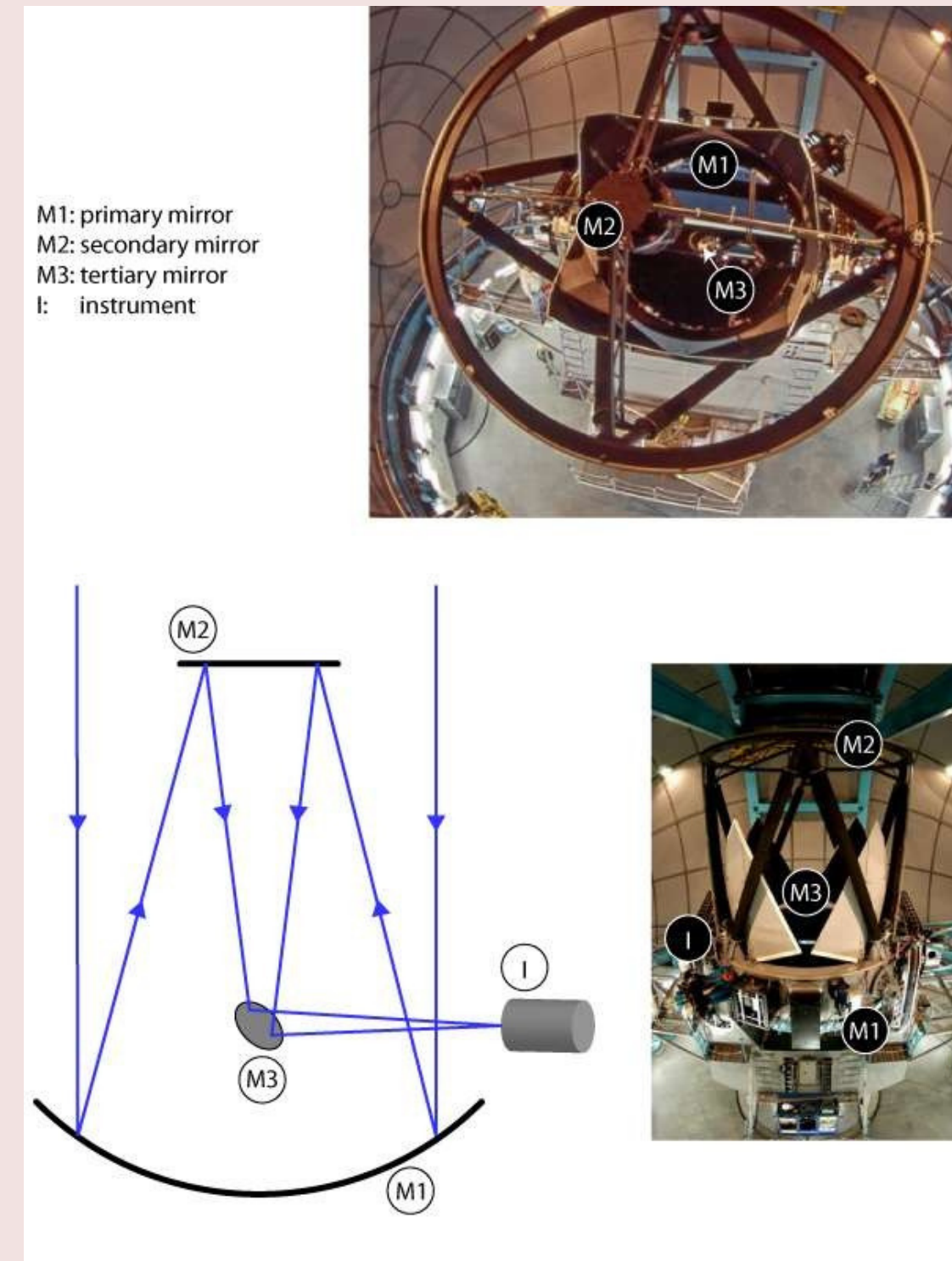
SOAR



Grandes telescópios ópticos



Gemini Sul, espelho de 8m, foco Cassegrain



SOAR, espelho de 4.2m, foco Nasmyth

Grandes telescópios ópticos



Nomes Mapuches Telescópios

- Antu (Sol)
- Kueyen (Lua)
- Melipal (Cruzeiro do Sul)
- Yepun (Vênus)



European
Southern
Observatory

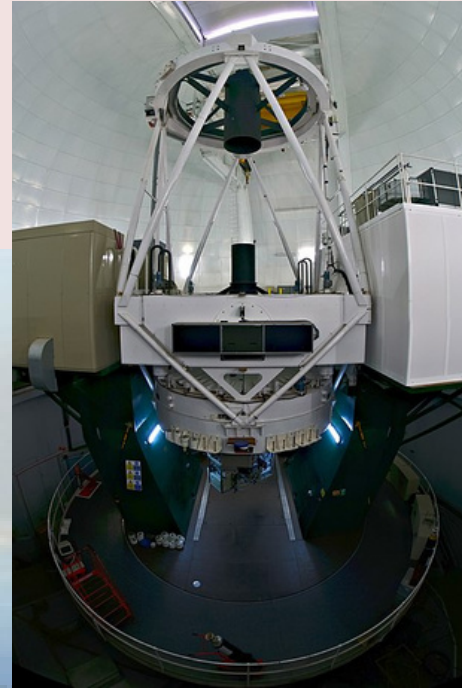
www.eso.org

Very large telescope (VLT): 4x 8,2 m, 2 635 m, Cerro Paranal, Chile

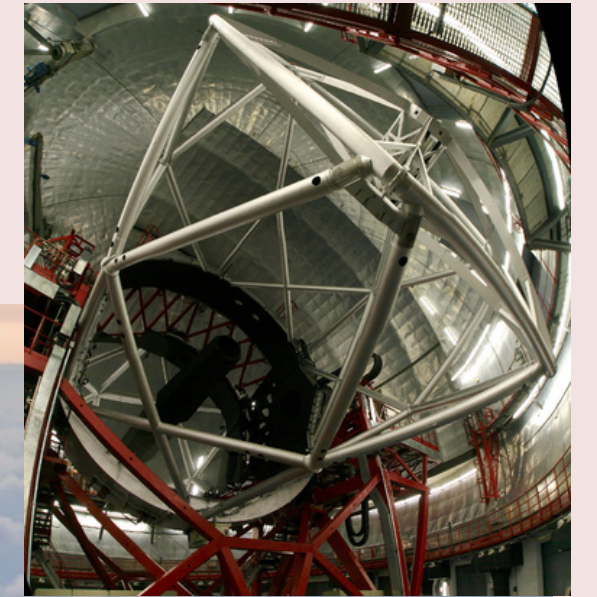
Grandes telescópios ópticos



William Herschel Telescope (WHT),
4.2m, 2,344 m, La Palma,
Ilhas Canárias, Espanha
montagem alt-azimuth



Gran Telescopio Canarias (GTC),
10.4 m, 2,344 m, La Palma,
Ilhas Canárias, Espanha
Cassegrain, Ritchey–Chrétien



Grandes telescopios ópticos



Subaru Telescope, 8.2m
4,139 m, Mauna Kea, Hawaii,
Reflector



Keck Telescopes, 10m
4,145 m, Mauna Kea, Hawaii,
Reflector



Gemini North, 8.1m,
4,145 m, Mauna Kea, Hawaii,
Reflector Cassegrain

Radio telescópios



Very Long Array (VLA), New Mexico, E.U.A: 27 antenas de 25m de diâmetro cada → interferometria → alta resolução espacial

Radio telescópios



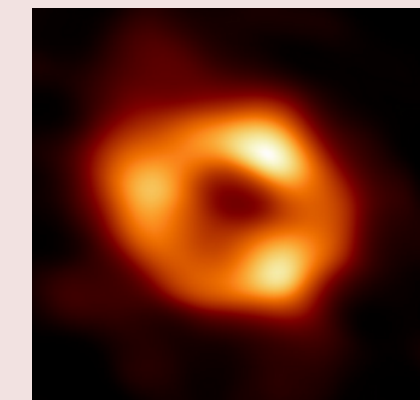
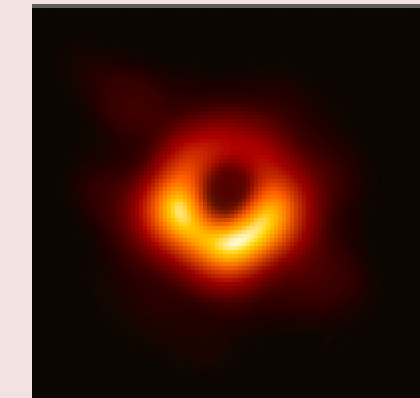
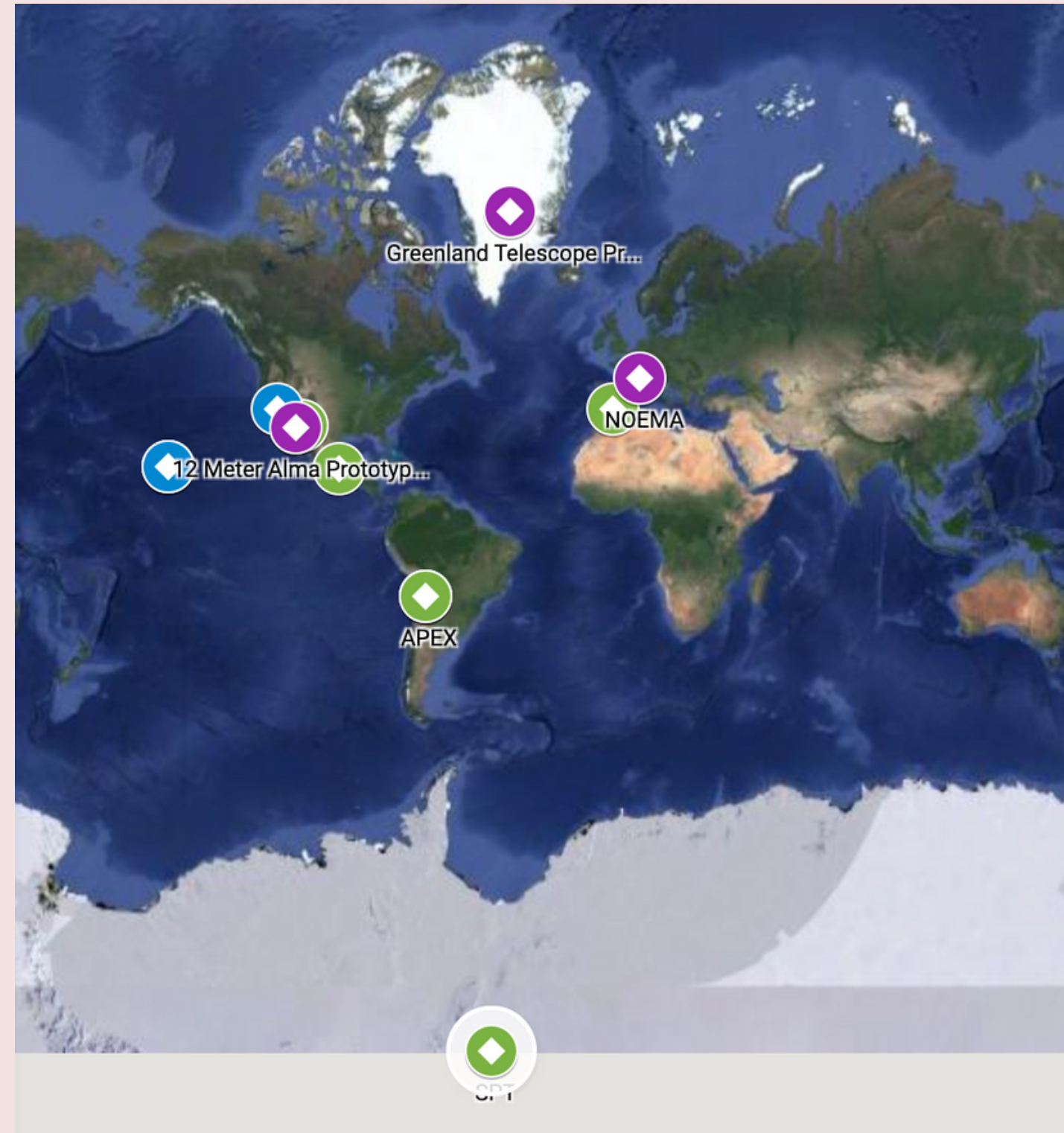
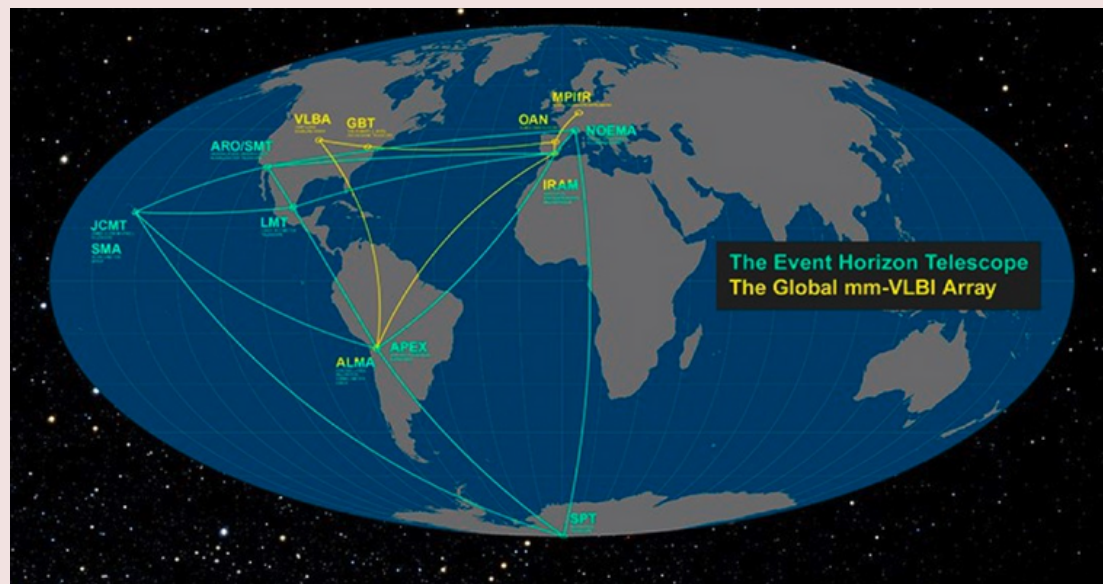
The Five-hundred-meter Aperture Spherical Radio Telescope (FAST), Guizhou, Sul da China

Radio telescópios



ALMA, interferômetro radio, 5,058.7 m, Antofagasta, Chile

Radio telescópios



Interferometria no domínio milimétrico ($\lambda \sim 1.3\text{mm}$)

Estações espalhadas por toda a Terra.

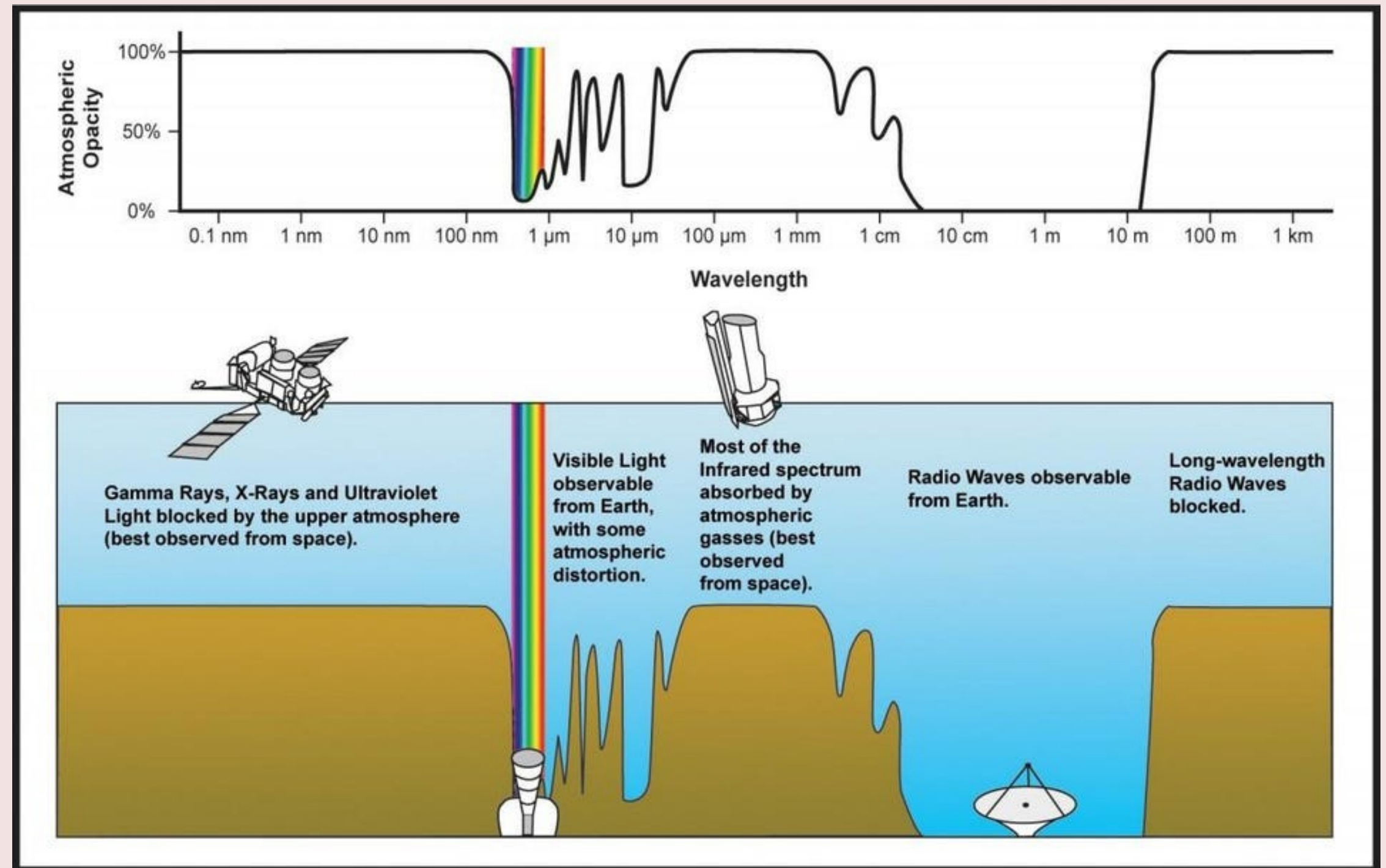
Event Horizon Telescope (EHT): Very Long Baseline Interferometry (VLBI) em comprimentos de onda pequenos que une antenas radio na extensão do globo para criar um interferômetro do tamanho do planeta Terra.

<https://eventhorizontelescope.org/>

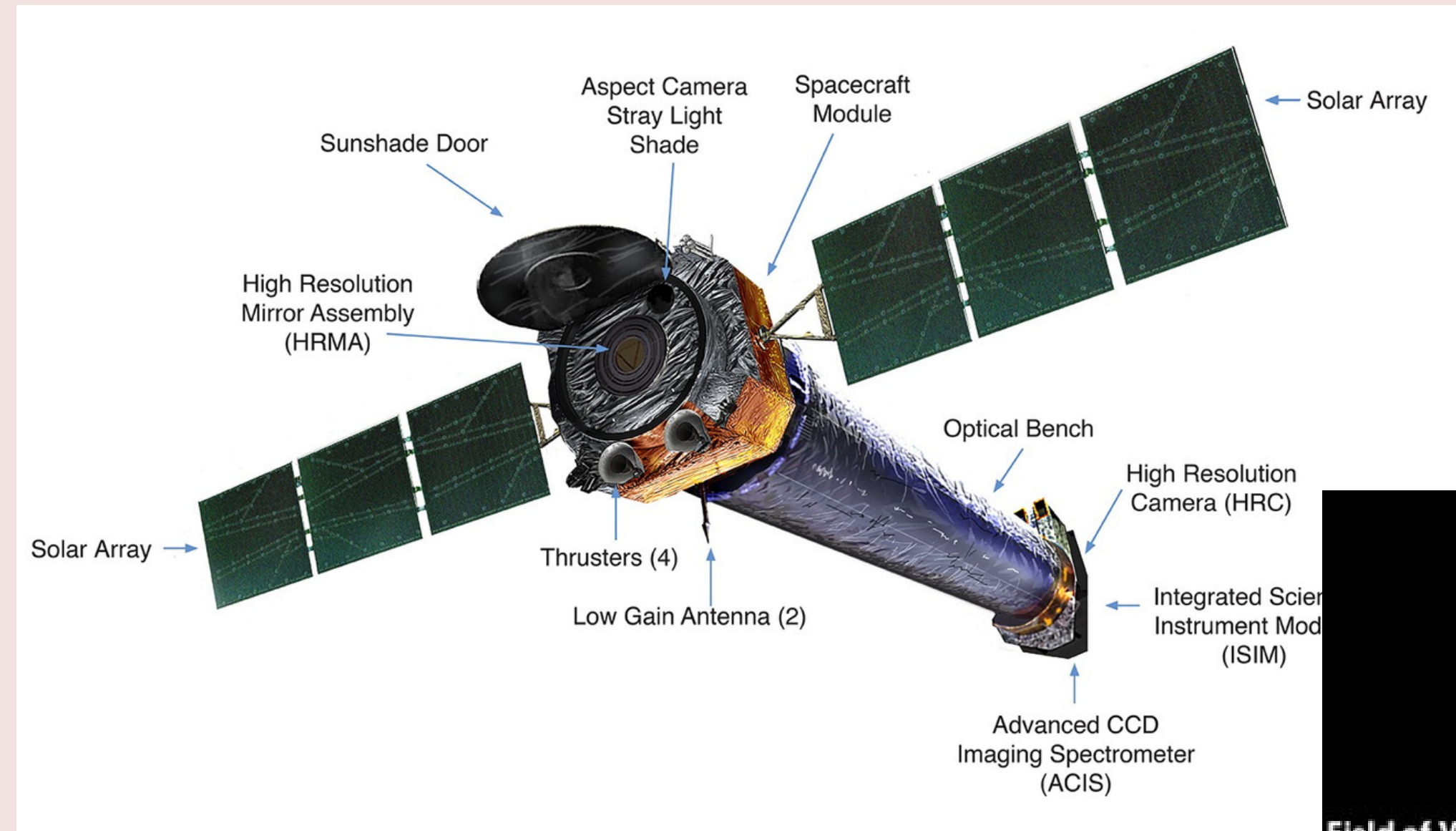
Telescópios espaciais

Meio atmosférico bloqueia radiação na maior parte do espectro → balões e telescópios espaciais

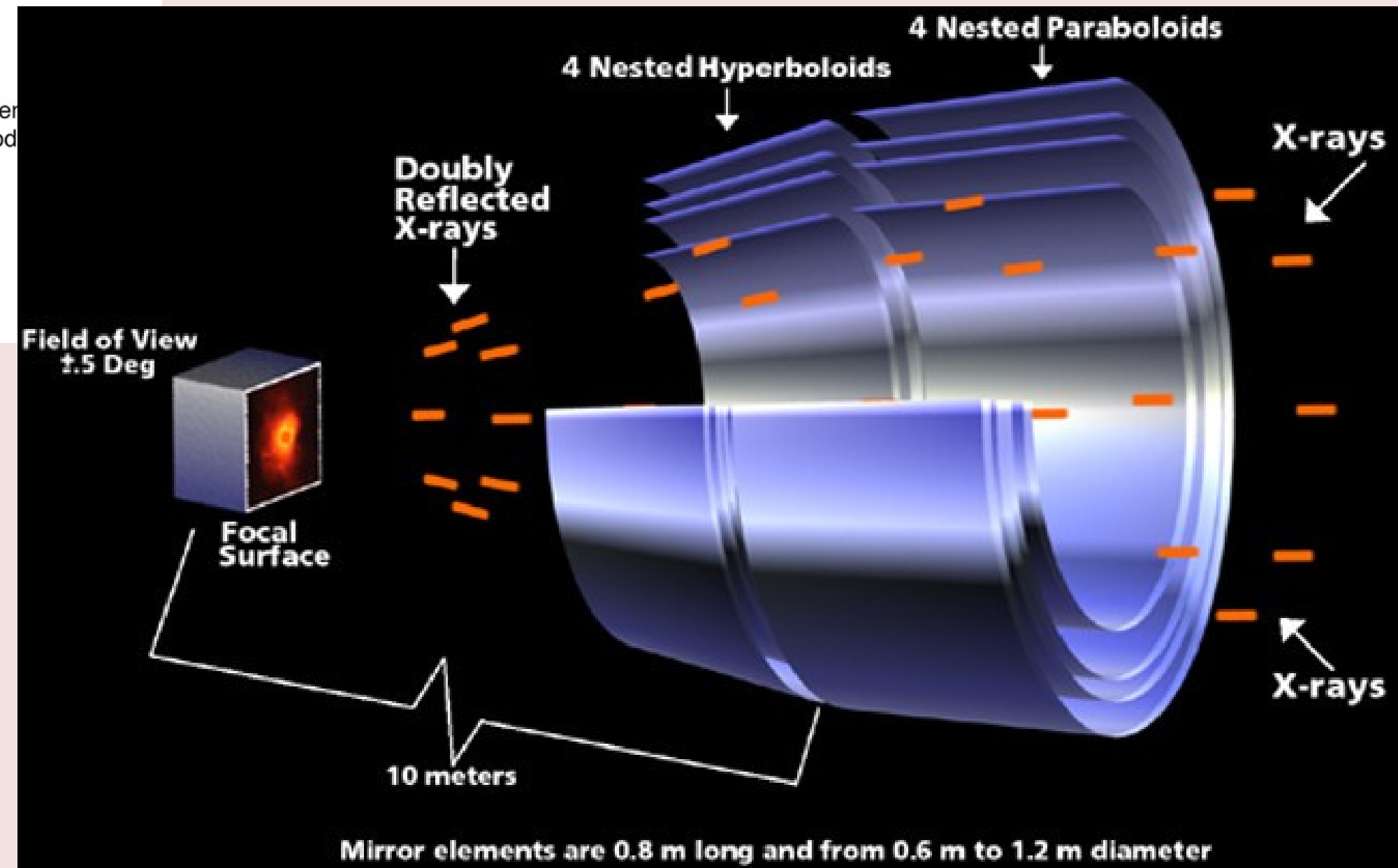
Meio interestelar bloqueia radiação visível → telescópios no infravermelho



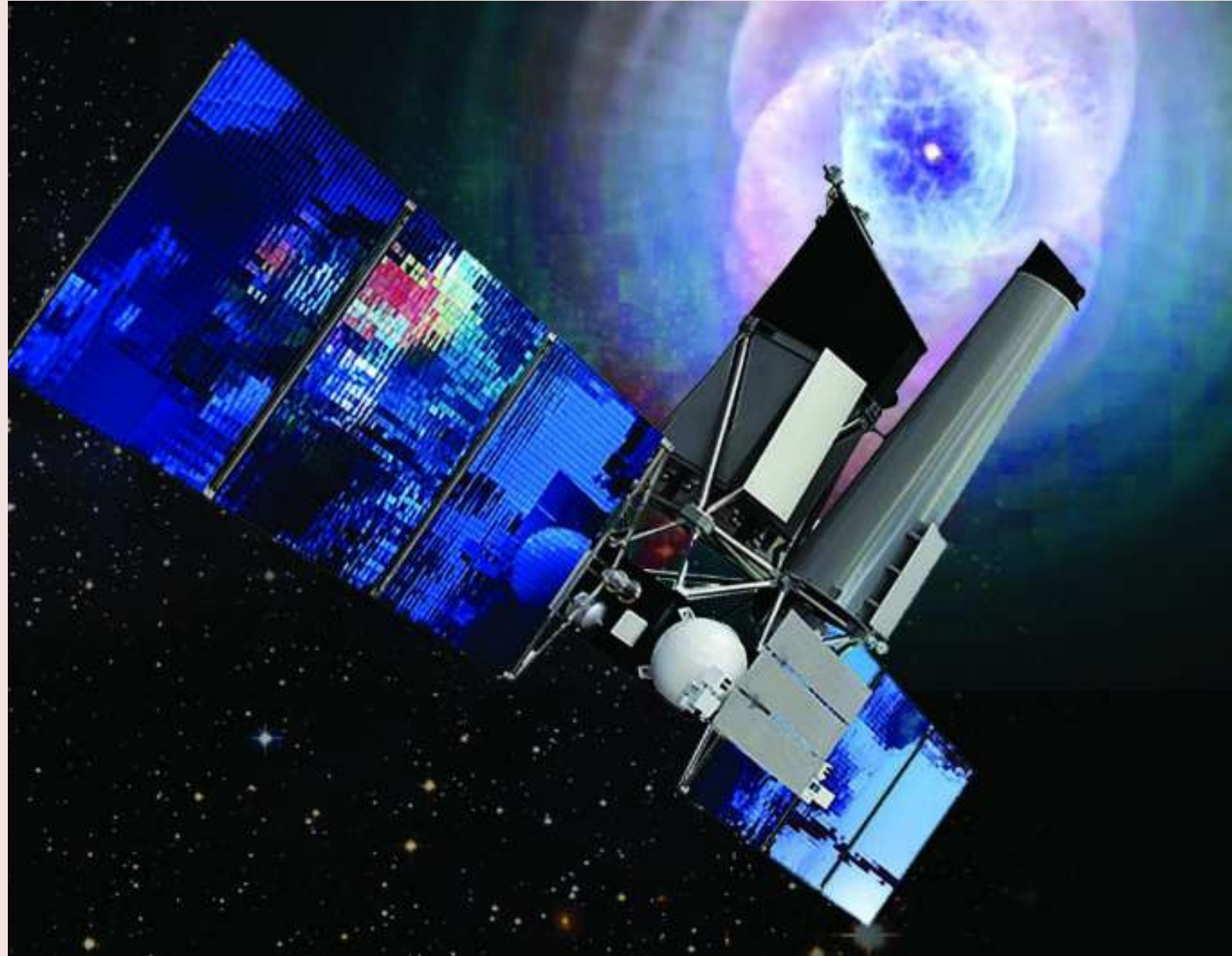
Telescópios Espaciais – raios X



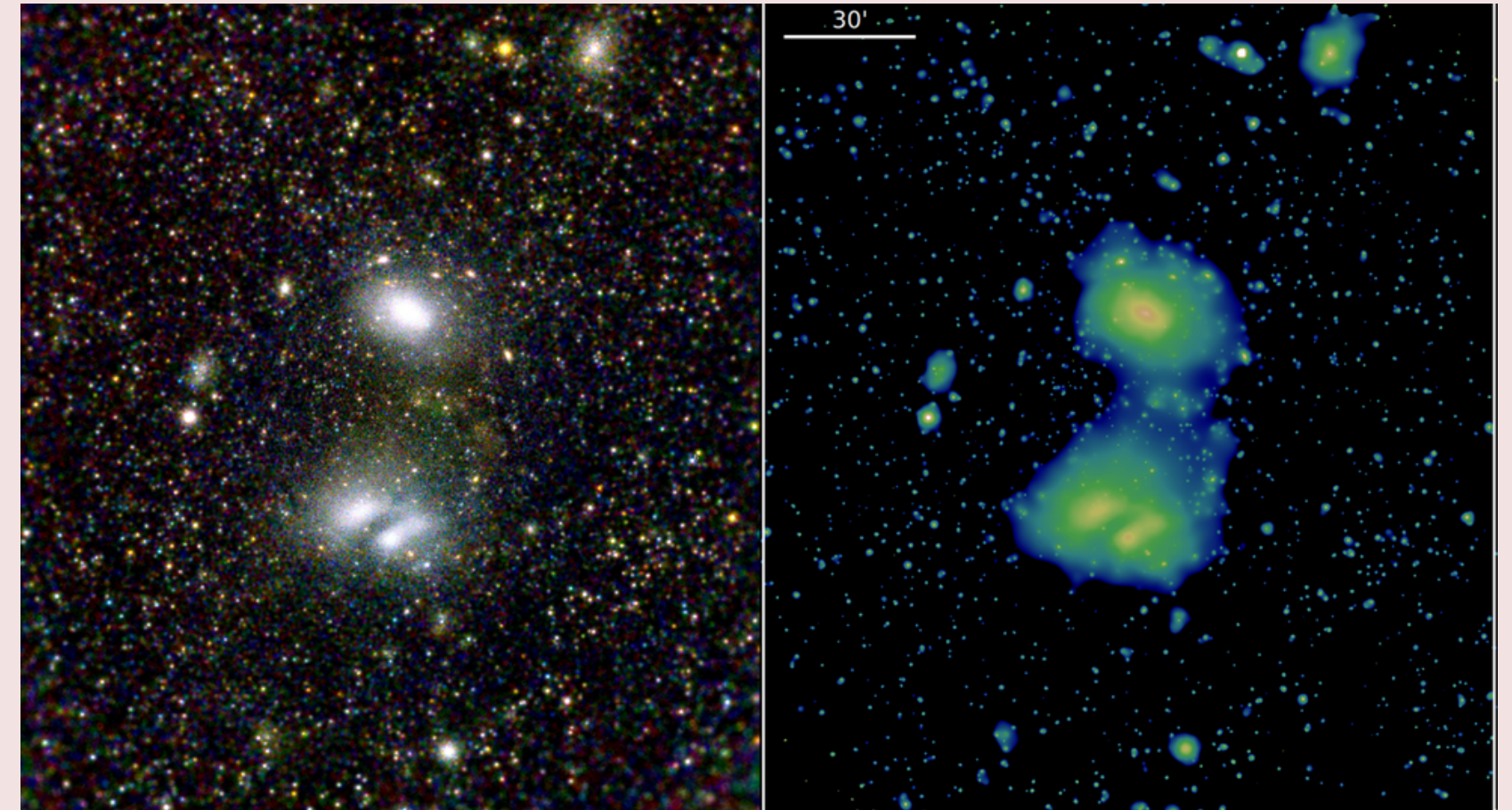
Telescópio Chandra: raios X.



Telescópios Espaciais – raios X



Instrumento e-rosita no observatório espacial SRG, 0.3–2 keV

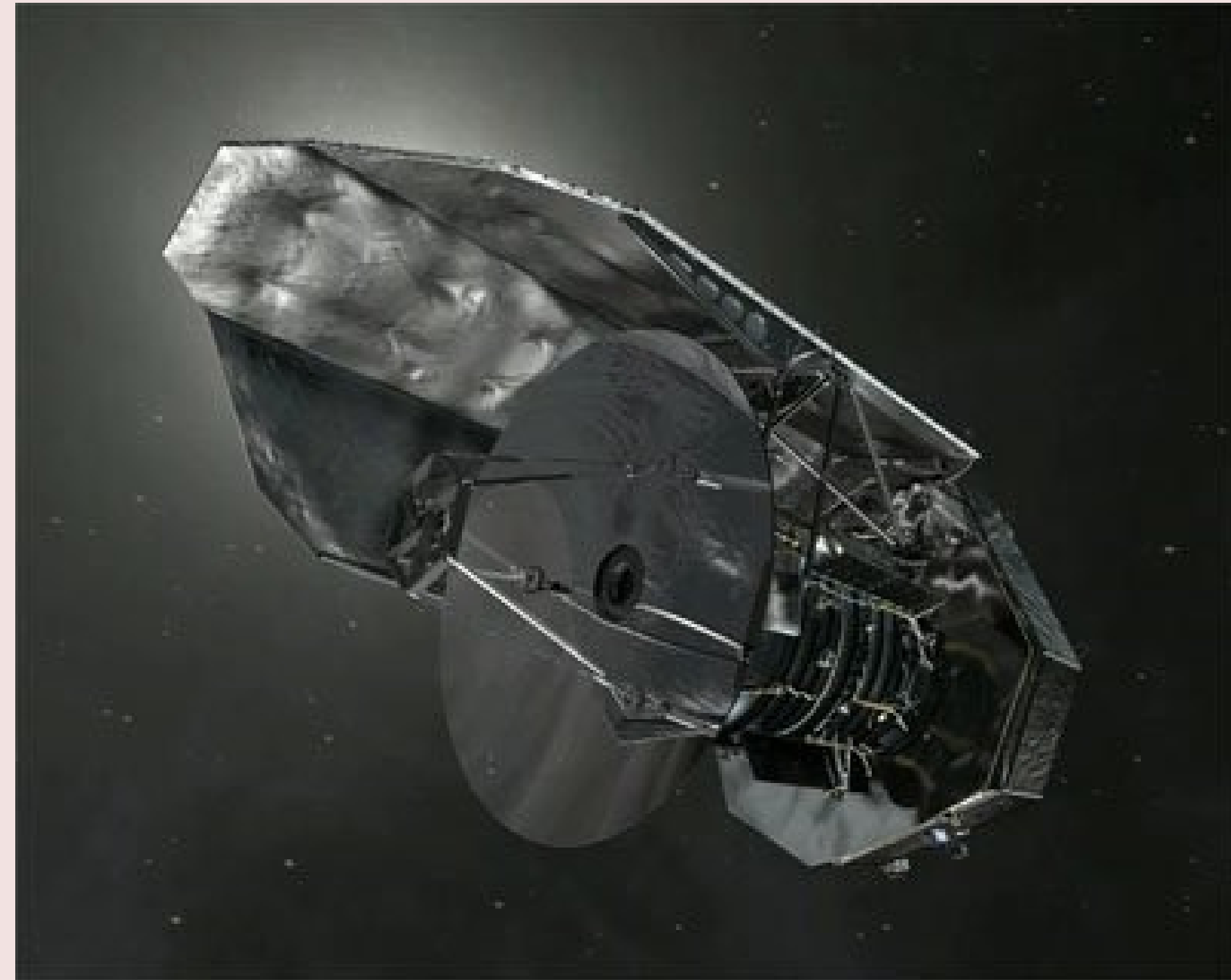


Aglomerados de galáxias A3391 & A3395, óptico (esq.) e óptico + e-rosita (dir.)

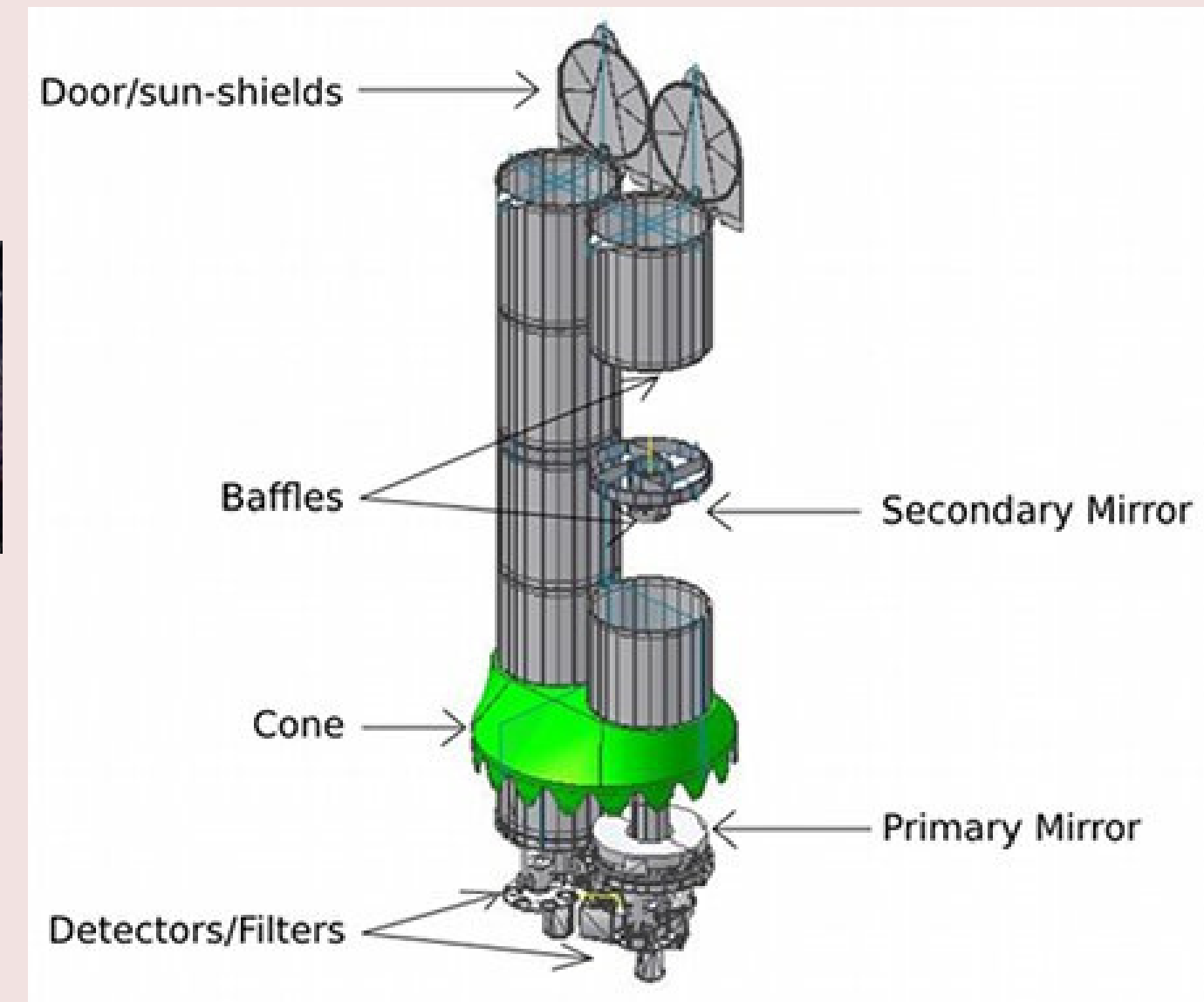
Telescópios espaciais - infravermelho



Acima: Spitzer (0.85m), domínio espectral de 3 a 180 μm ; À direita: Herschel (3.5m), domínio espectral de 55 a 672 μm .



Telescópios espaciais - ultravioleta



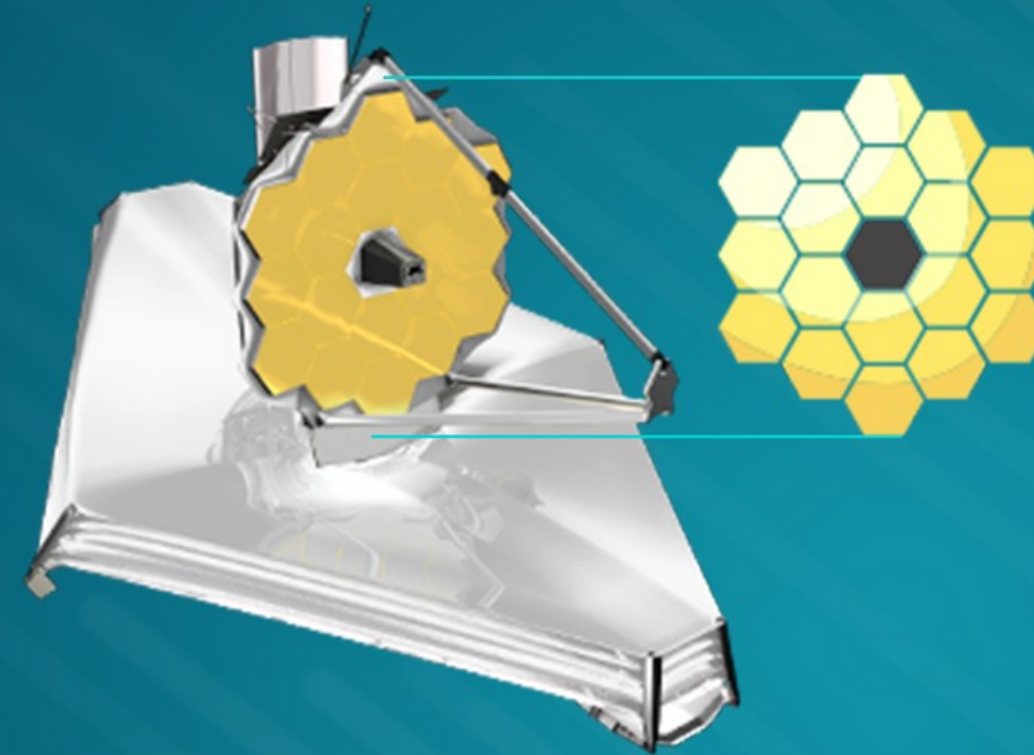
Ultraviolet Imaging Telescope (UVIT)/ASTROSAT - 1.5", 2 canais ultravioleta, FUV (1200-1800 Å) and NUV (1800-3000 Å), campo de ~ 0.5 graus.

Hubble and James Webb

Hubble: telescópio óptico e infra-vermelho próximo: UV (300nm) à banda H (1600 nm).

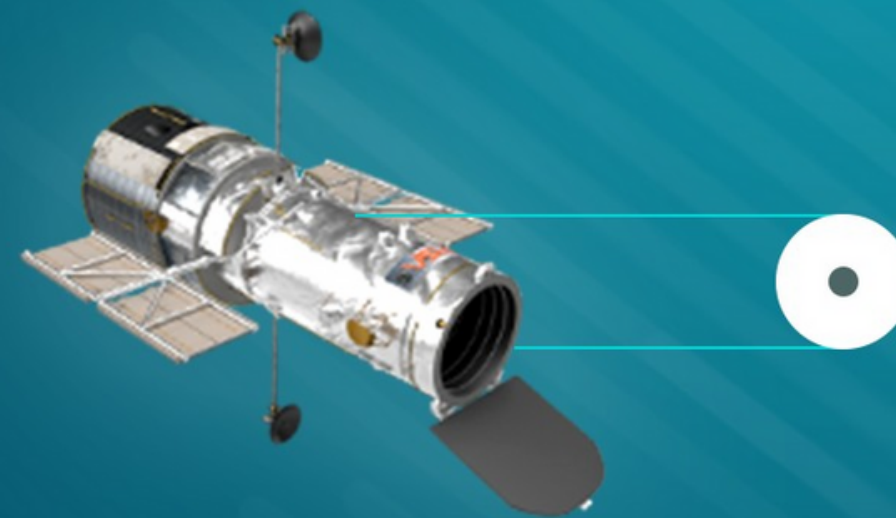
James Webb: visível, infra-vermelho próximo e médio: 0.6 a 28 μm

James Webb and Hubble compared



JAMES WEBB

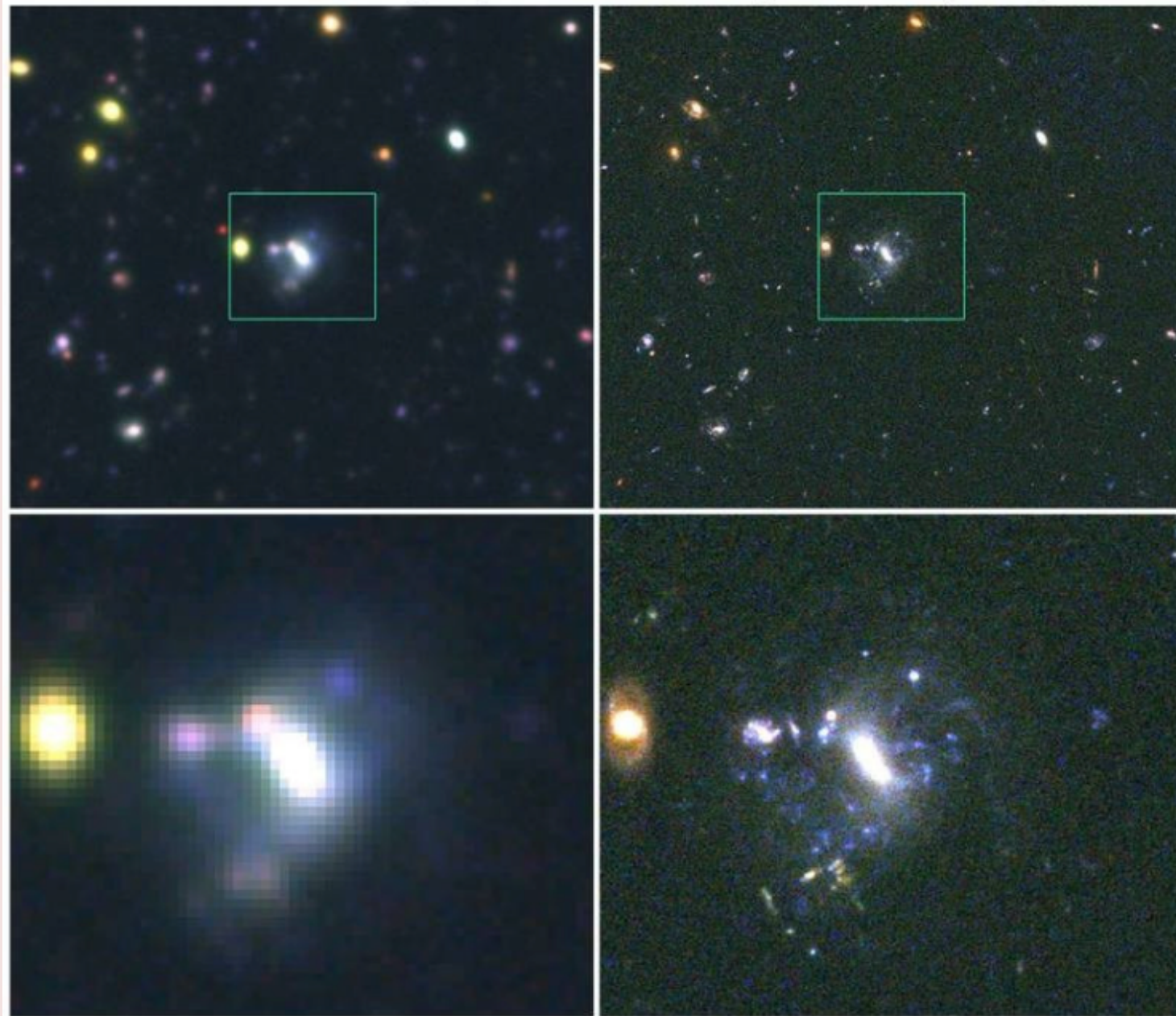
Launch 2021
Lifetime 10 years
Mirror size 6.5m
Mass 6,200 kg
Operating temperature . . . -230C



HUBBLE

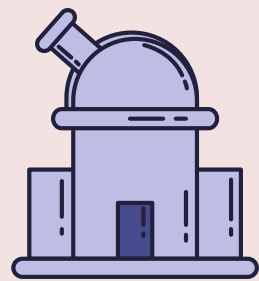
Launch 1990
Lifetime 32 years
Mirror size 2.4m
Mass 12,200kg
Operating temperature 20C

Por que lançar telescópios ópticos no espaço?

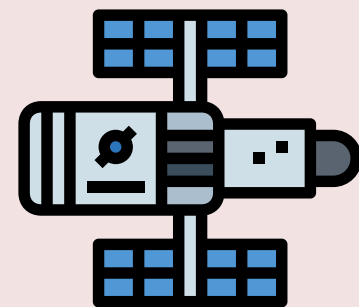


Observação em solo → meio atmosférico → resolução espacial degradada

Ambas são imagens ópticas, obtidas com CCD acoplados a telescópios.

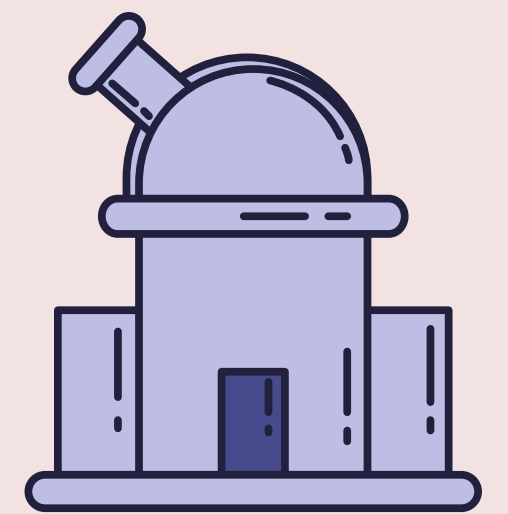
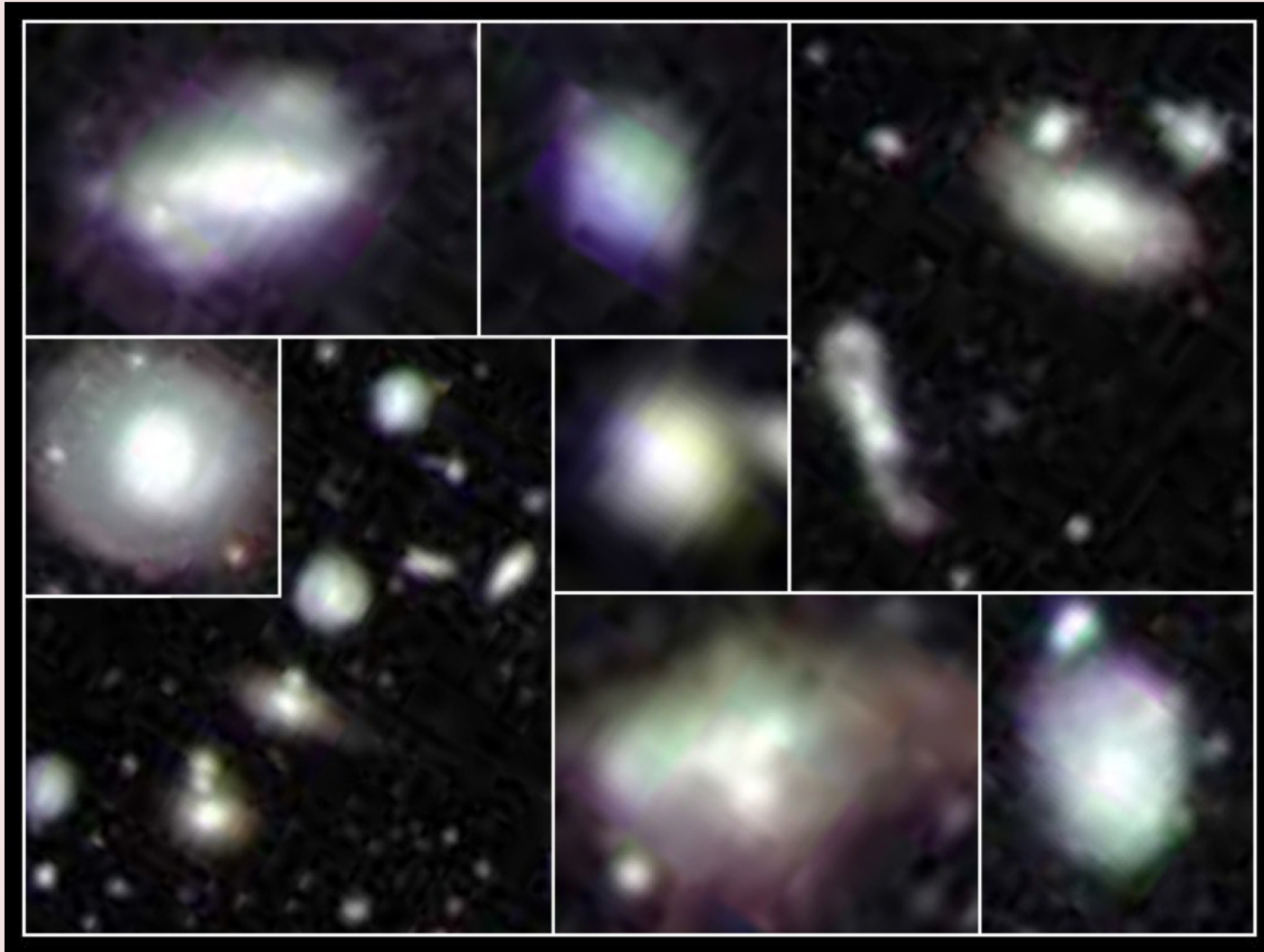


SUBARU 8m

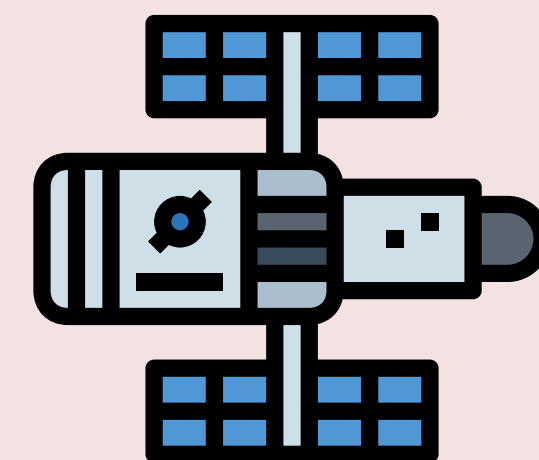


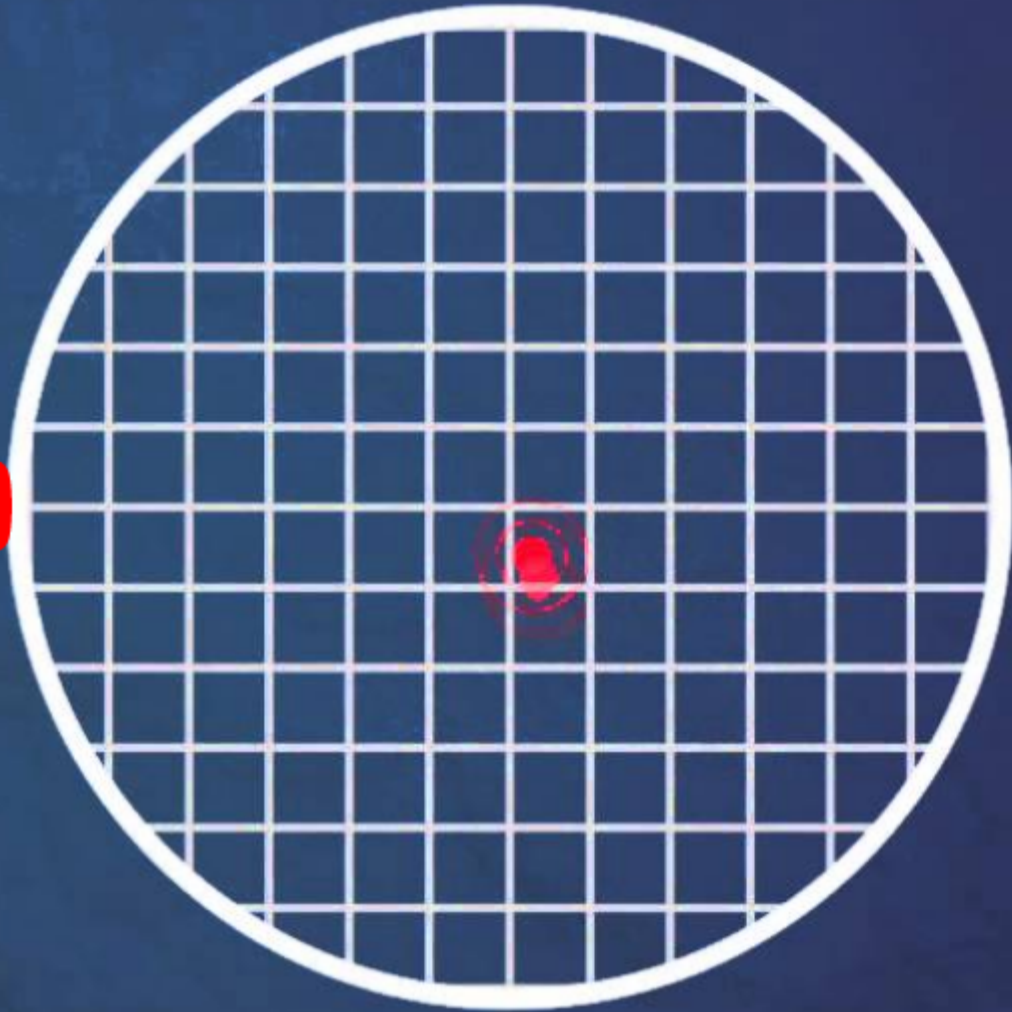
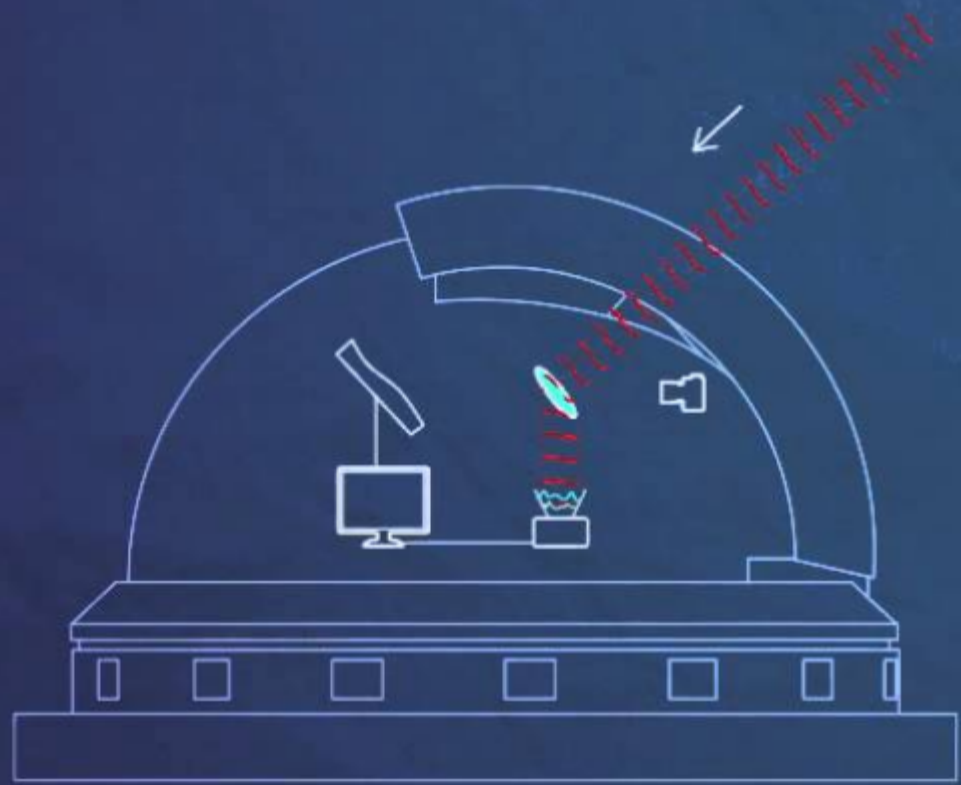
HST 2.4m

A901/2



A901/2



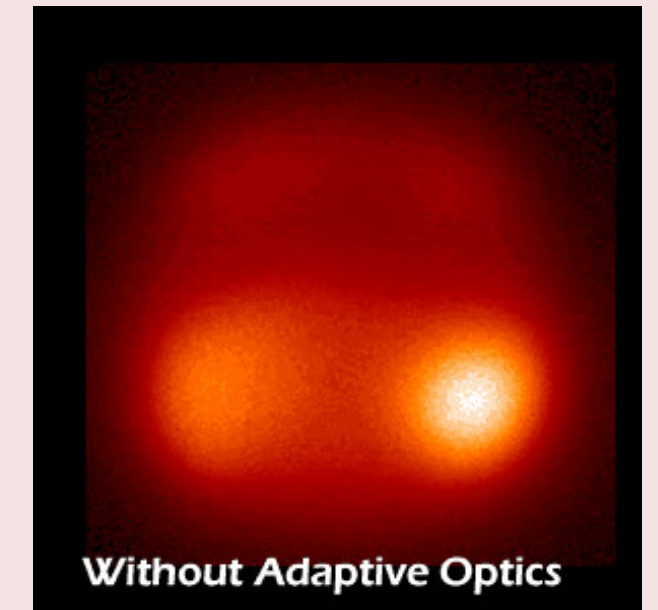
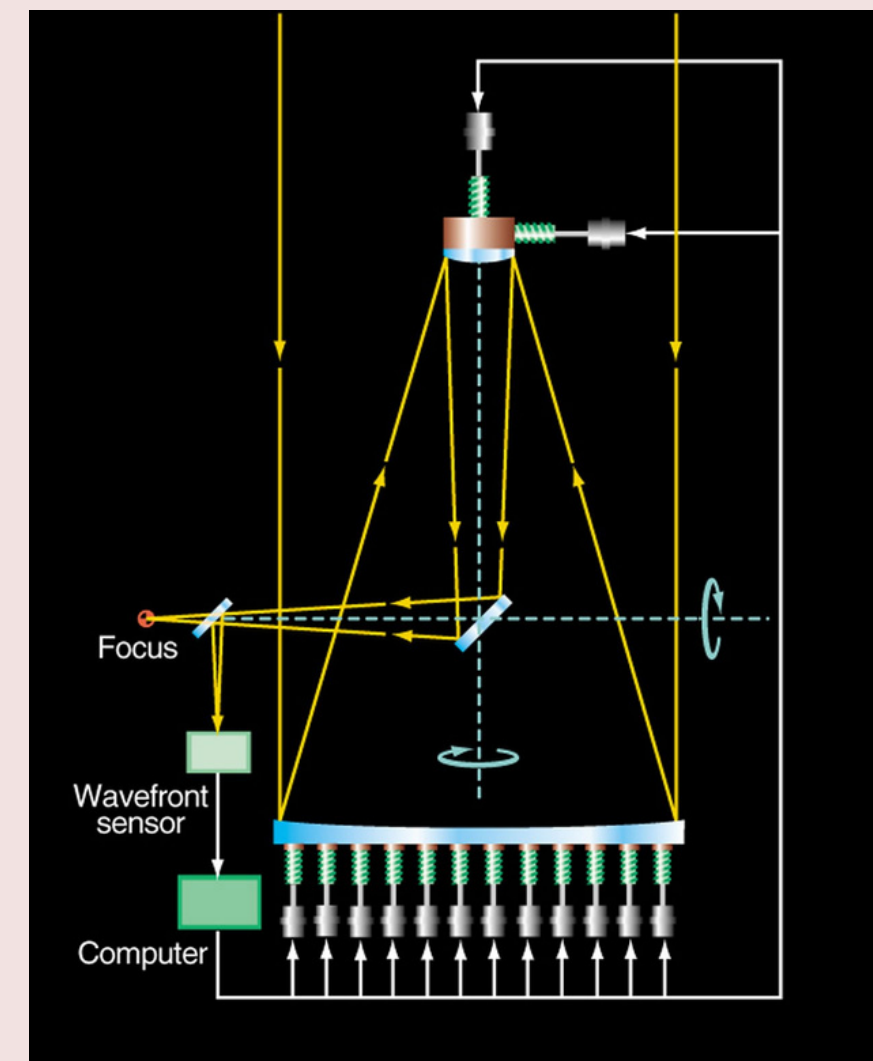


Óptica ativa e adaptativa

Melhoraram qualidade de imagens ópticas e no infravermelho próximo obtidas em solo.

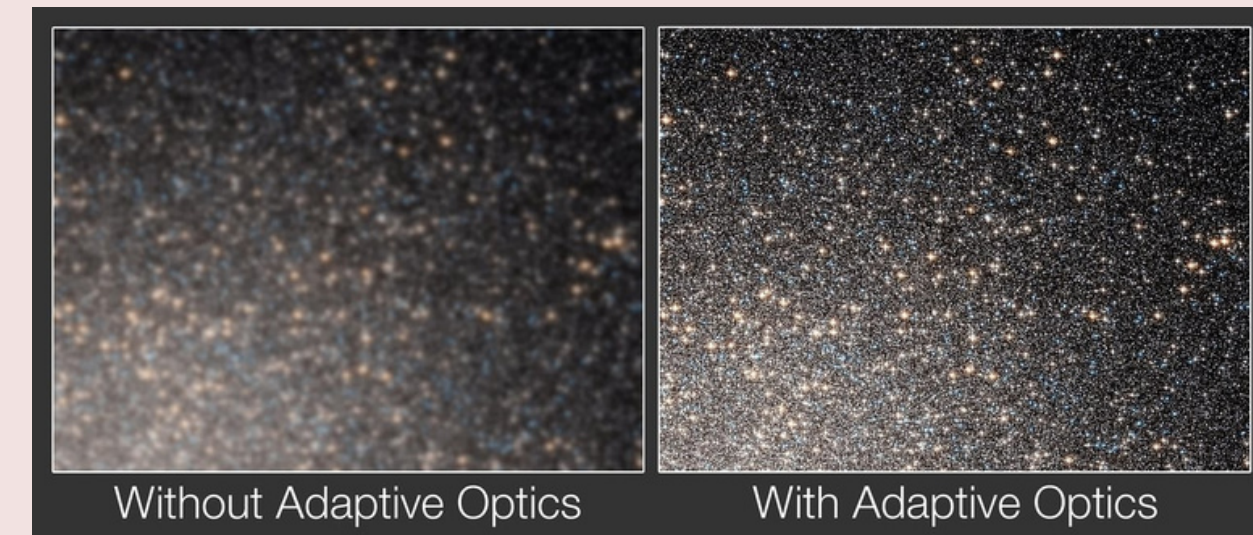
Óptica ativa: atuadores mantêm forma da superfície primária, compensando em tempo real as deformações mecânicas e térmicas sofridas por essa superfície.

Indispensável no caso de espelhos com $D > 8\text{m}$.



Óptica ativa e adaptativa

Óptica adaptativa: atuadores corrigem, parcialmente e em tempo real, o feixe de luz coletado para distorções causadas pela turbulência atmosférica, antes de incidir no detector. Atuam em alta frequência, monitorando imagens de estrela brilhante.



Tipos de detector

Processo de detecção → construção de um sinal: processos físico-bioquímicos, físico-químicos, físicos

Resposta espectral → faixa em comprimento de onda ou frequência coberta

Características de um detector

Eficiência: fração do fluxo/energia do carregador de informação é registrado como um sinal

Escala: pode ser espacial ou espectral. É o tamanho no céu ou na direção de dispersão da luz de um elemento do detector

Resolução: pode ser espacial ou espectral. É a capacidade teórica do sistema telescópio + instrumentos + detector de separar sinais

Fontes de ruído: o ruído dificulta a detecção de um sinal → Razão sinal/ruído, S/N.

Tipos de observação astronômica

- Imageamento
- Espectroscopia
- Altimetria
- Coleta/análise de sinais ou de materiais, in situ ou em laboratório

Técnicas de medidas astronômicas

- **Astrometria, fotometria** → posições, movimentos no céu, distribuição de brilho, forma, tamanho, fluxo total, variação de brilho
- **Análise espectral** → composição química, propriedades físicas, velocidade radial, propriedades do meio interestelar...
- **Interferometria** → imagem e fotometria de alta resolução espacial Coronografia → detecção da cromosfera e coroa solar, detecção de planetas extrassolares, ...
- **Polarimetria** → estudo de luz polarizada
- Mapeamento de superfícies, análise físico-química de rochas, gases, ..

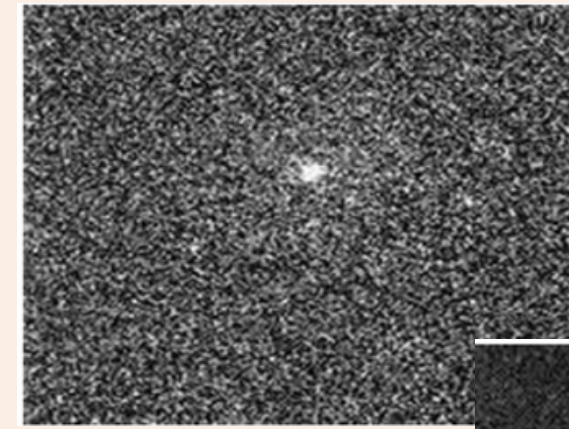
Imagens digitais

Pixel → elemento da
imagem → sinal

Objeto → sinal
localizado, ruído
associado.

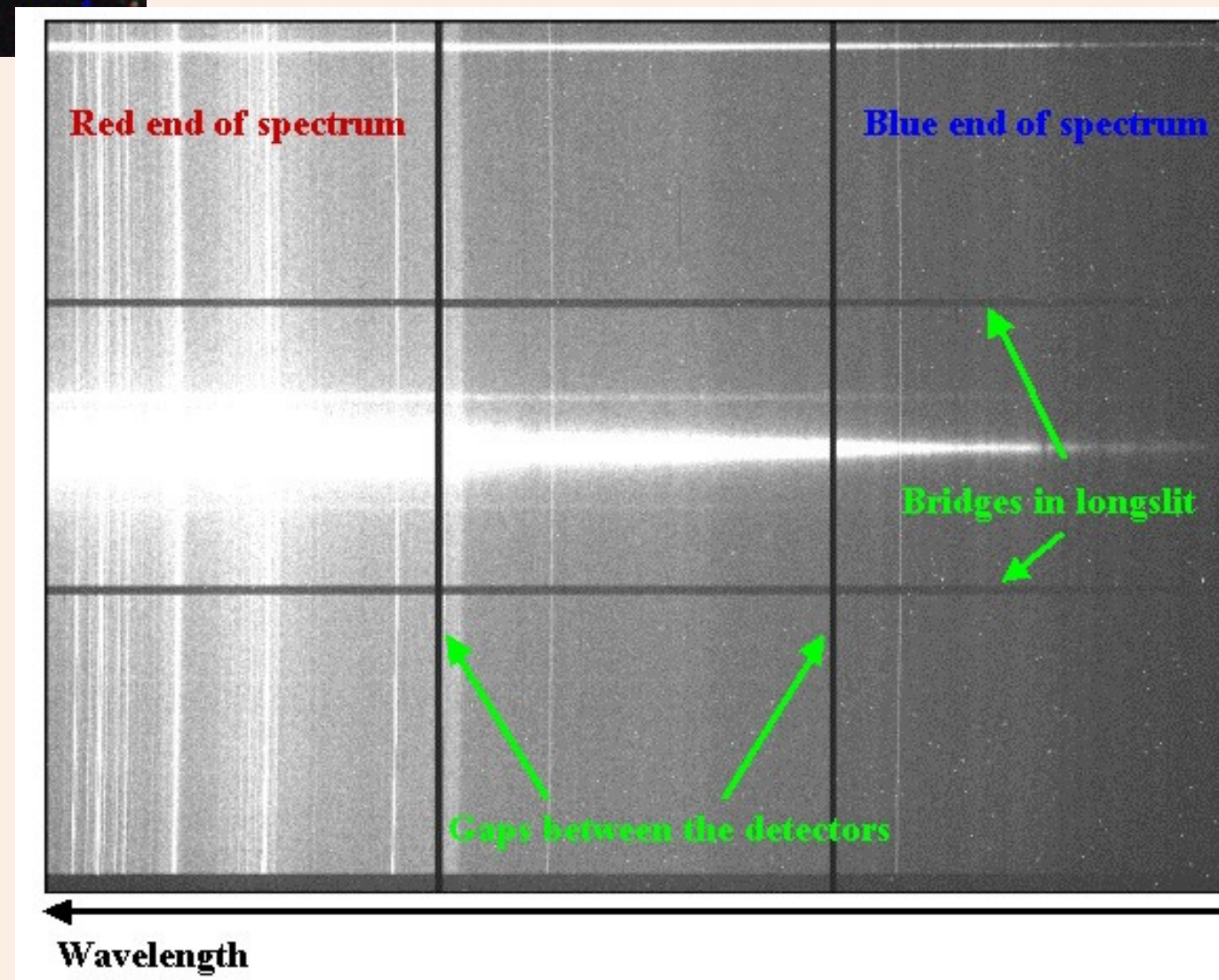
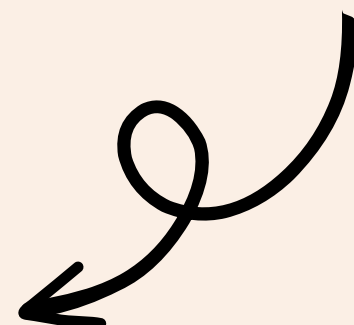
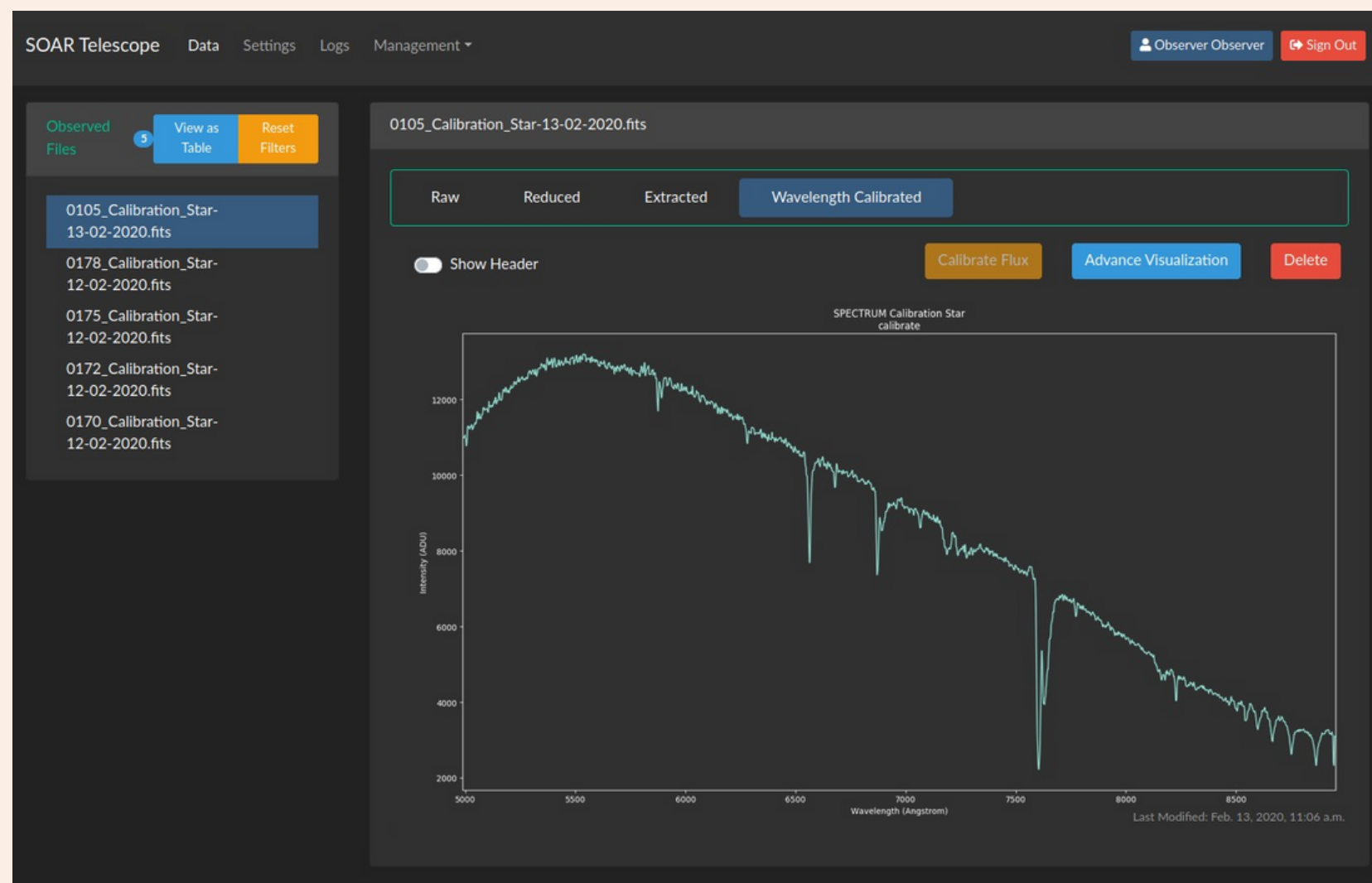
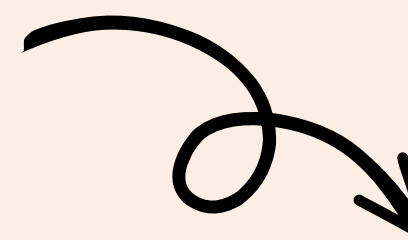
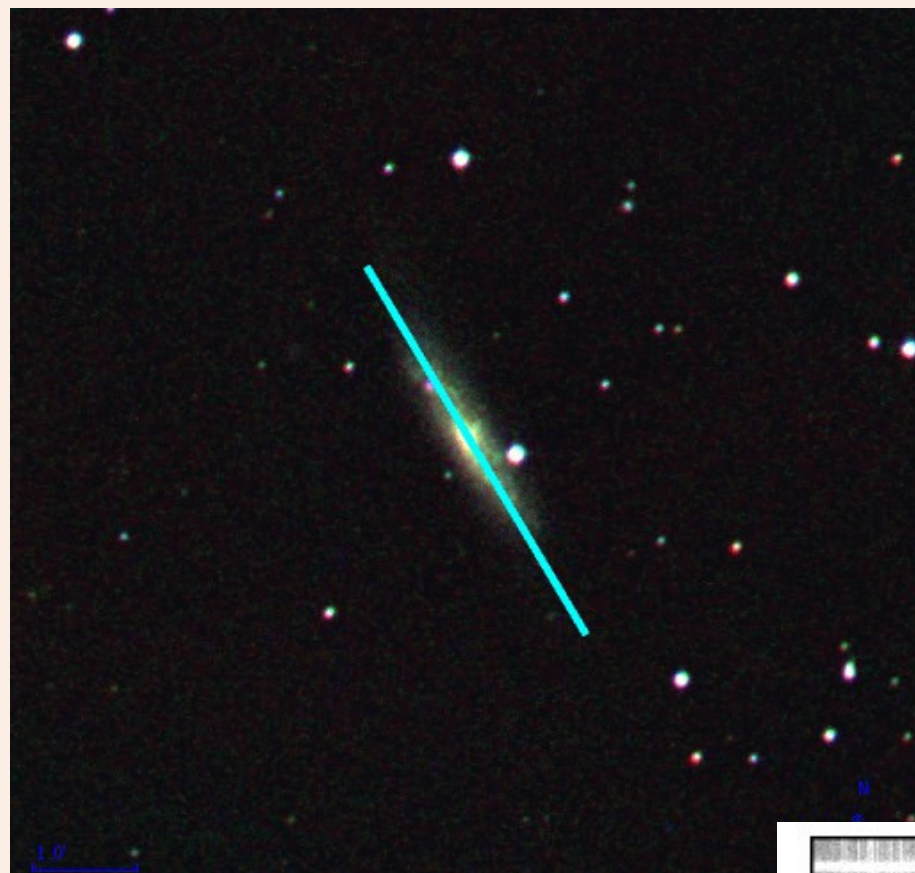
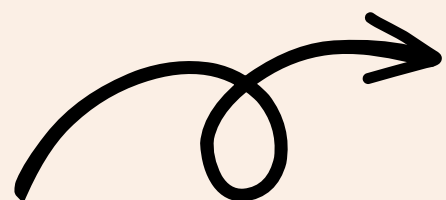
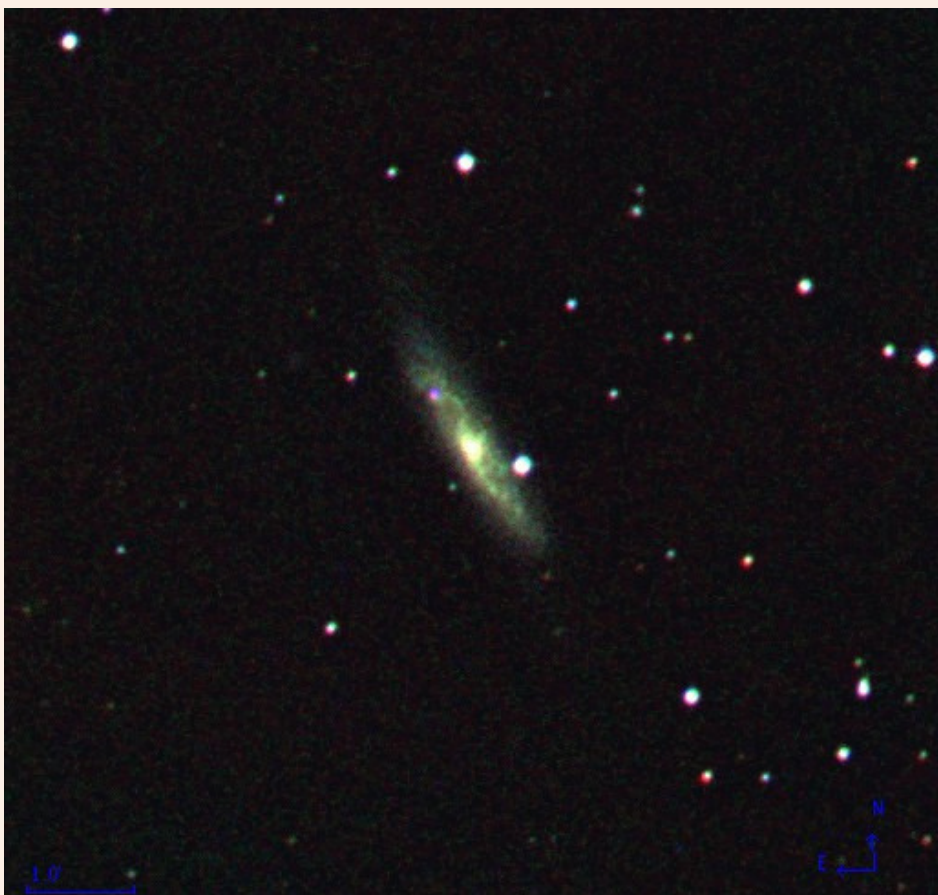
Céu → sinal de fundo,
flutuações (ruído de
céu)

Condição para
detecção: sinal \gg
ruído total



- 1, 10, 100, 1000 segundos
- S/N melhora com o tempo de exposição
- Ruído de leitura domina na exposição menores exposições
- Ruído dos photons no céu domina nas maiores exposições

Espectros



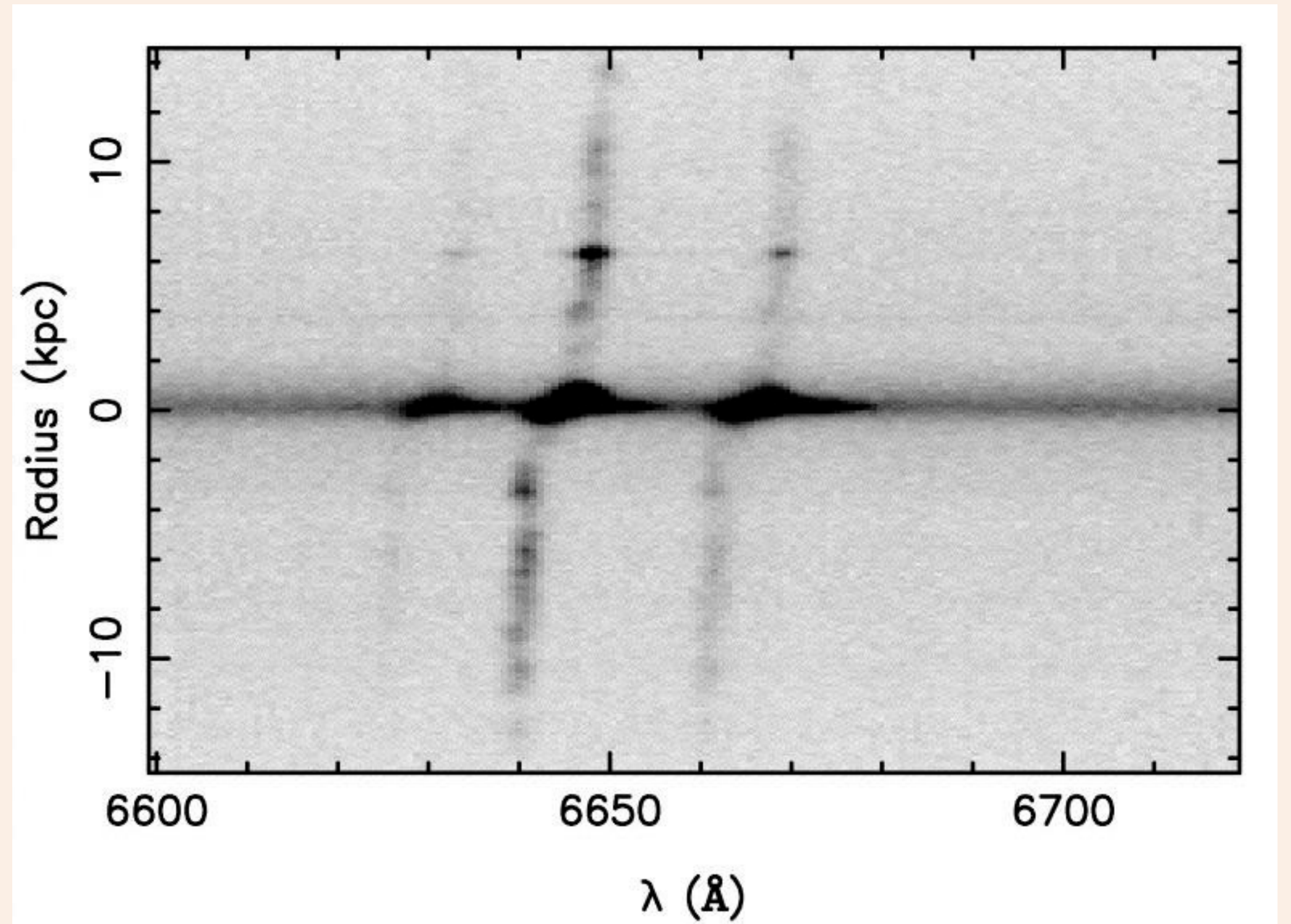
Efeito Doppler – velocidades, redshifts

Linha central: H α : $\lambda = 6563\text{\AA}$

Desvio para o vermelho:

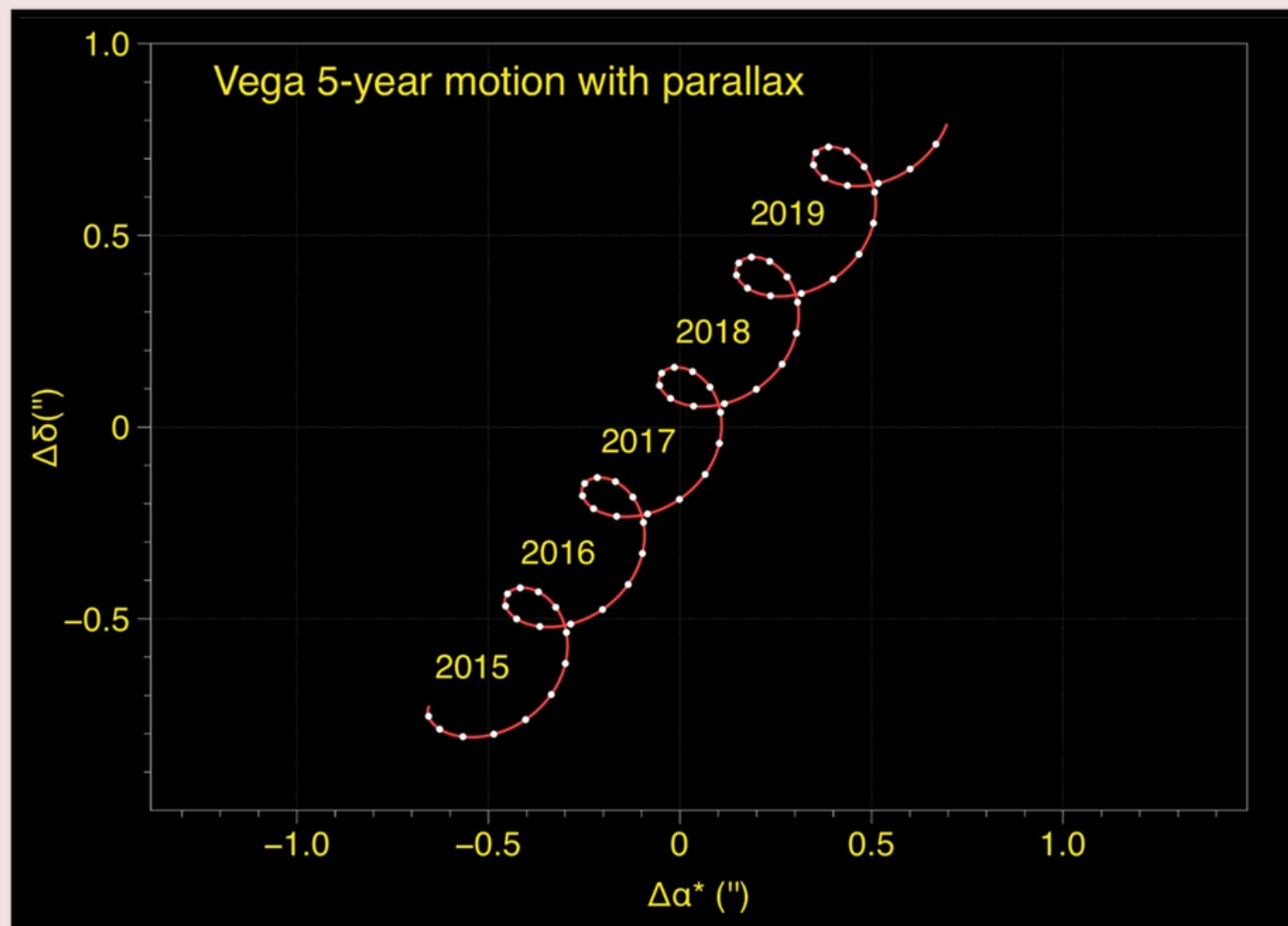
$$z = (6652 - 6563) / 6563 = 89 / 6563 = 0.014$$

De um lado da galáxia \rightarrow
comprimentos de onda
menores. Do outro \rightarrow
comprimentos de onda
maiores. Rotação!



Satélite Astrométrico Gaia - Astrometria

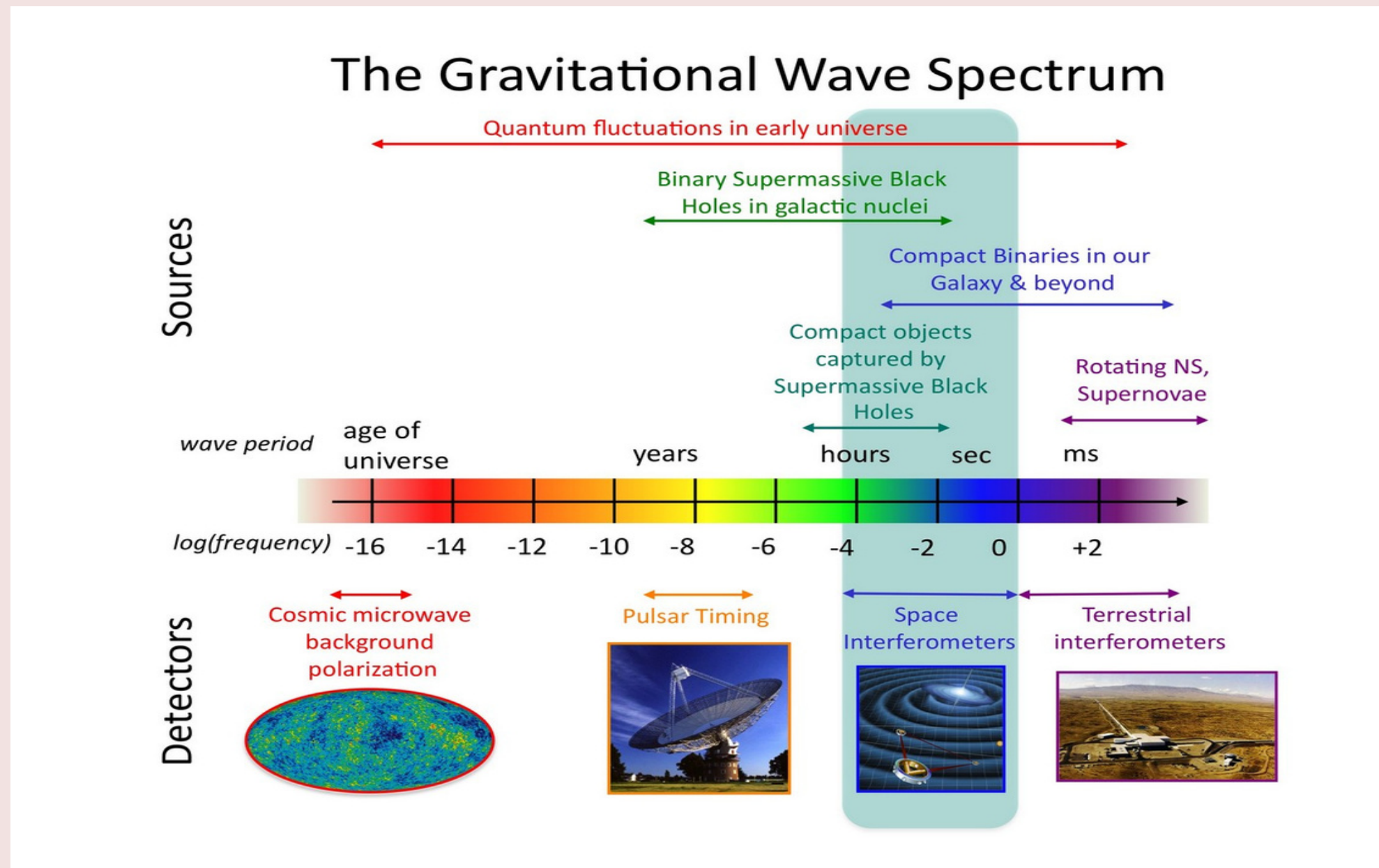
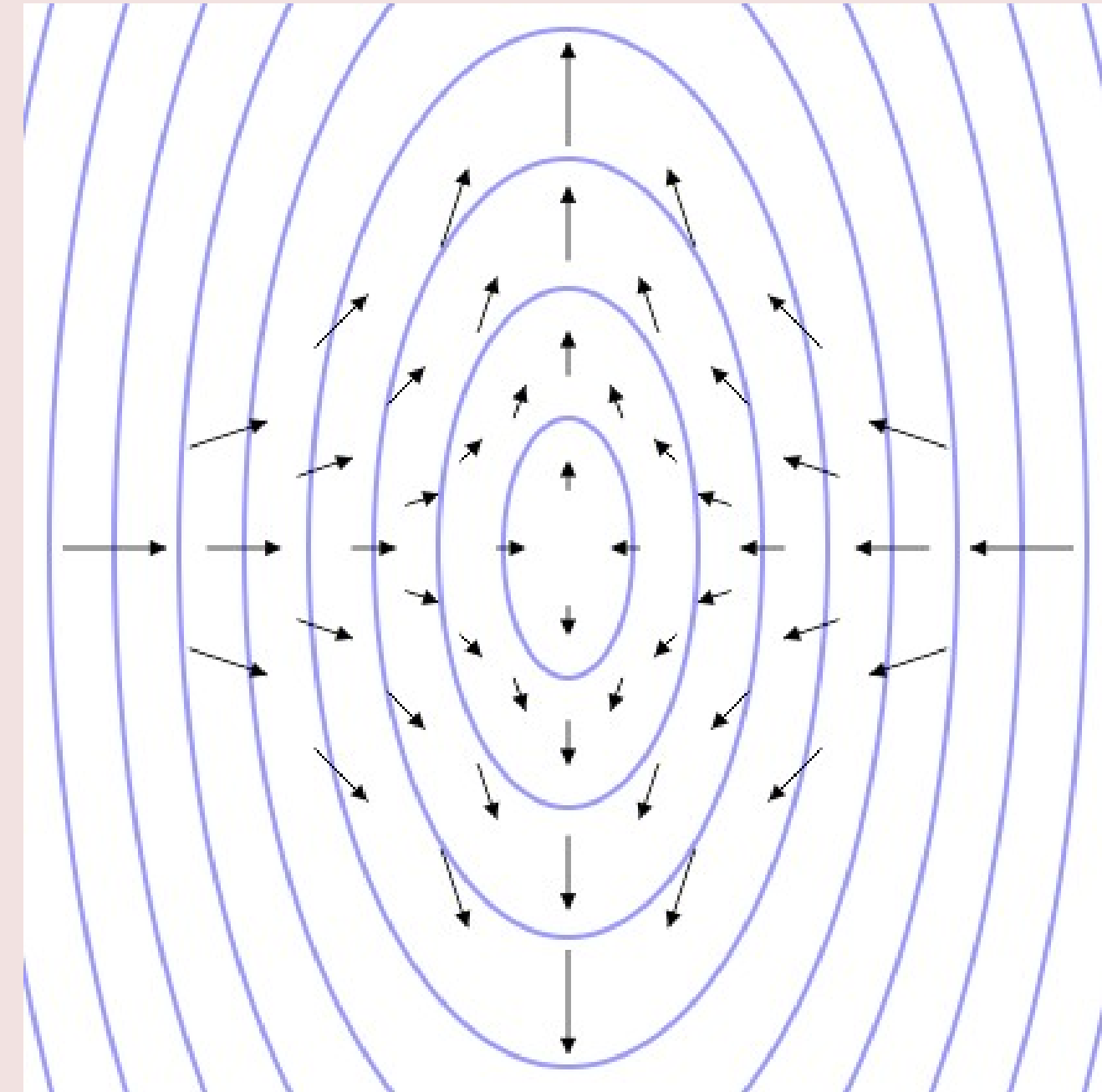
Mede com precisão as coordenadas celestes de centenas de milhões de estrelas ao longo do tempo → distâncias, movimentos próprios.



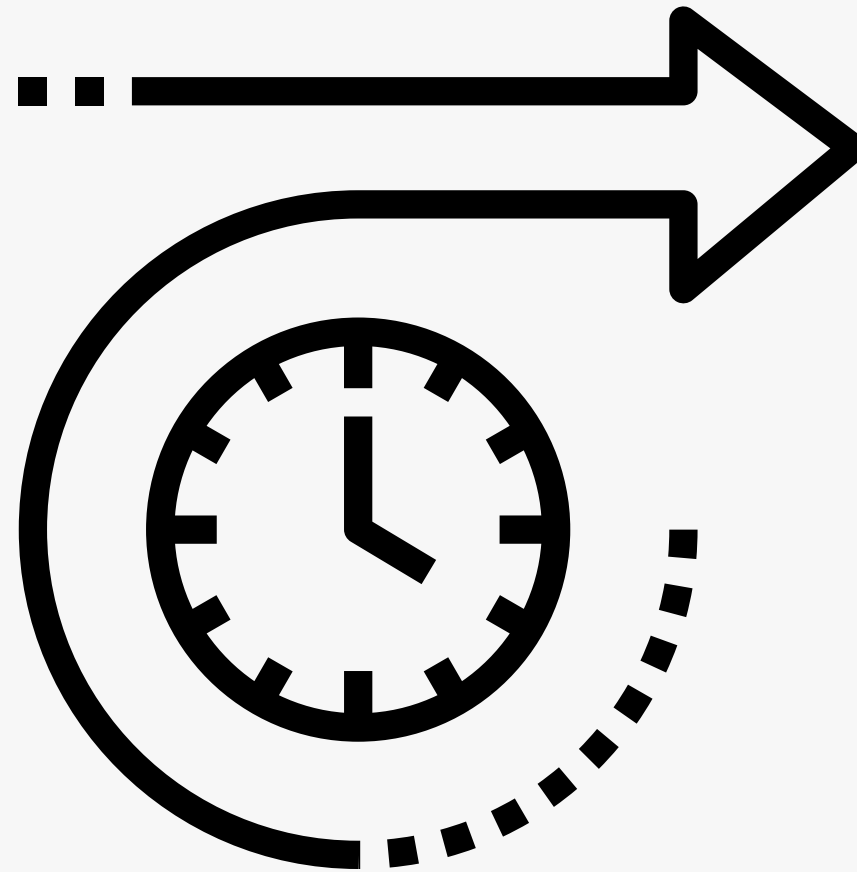
Radiação gravitacional

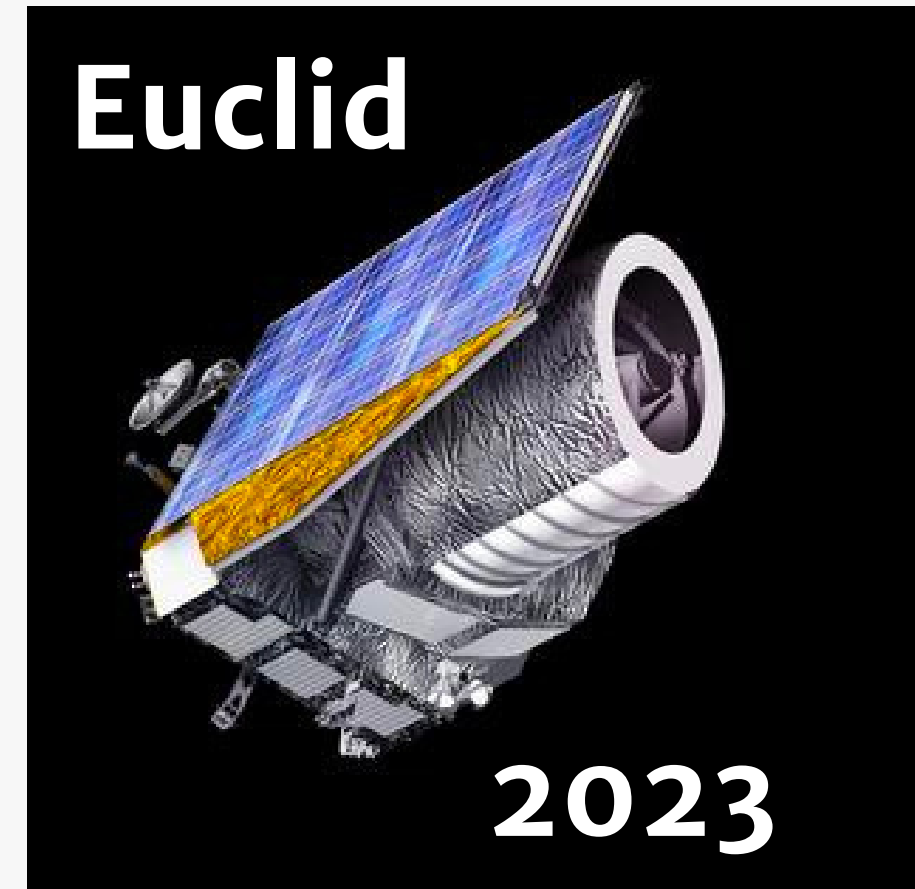
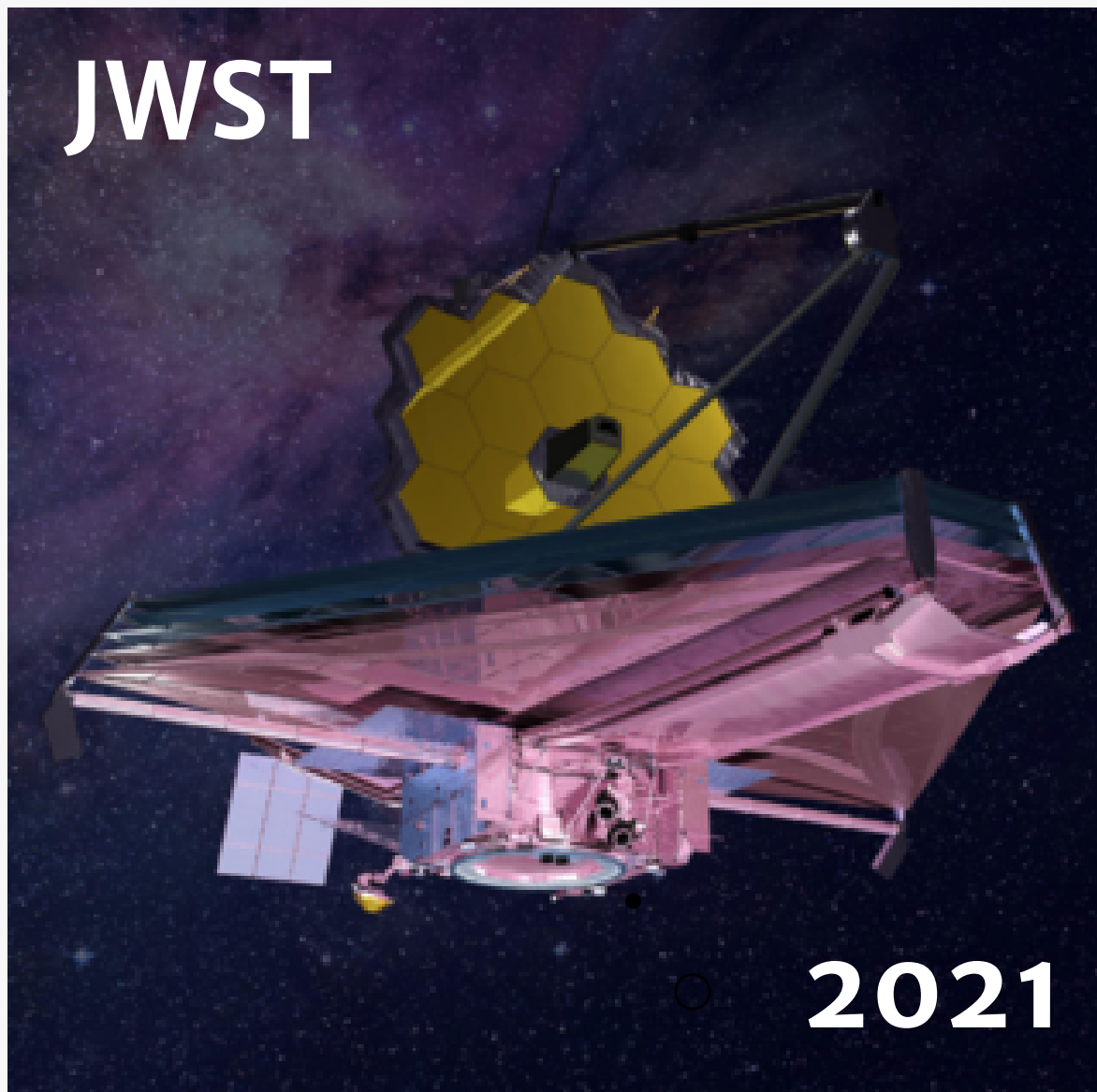
Causada por gravitacionais intensos e variáveis no tempo;

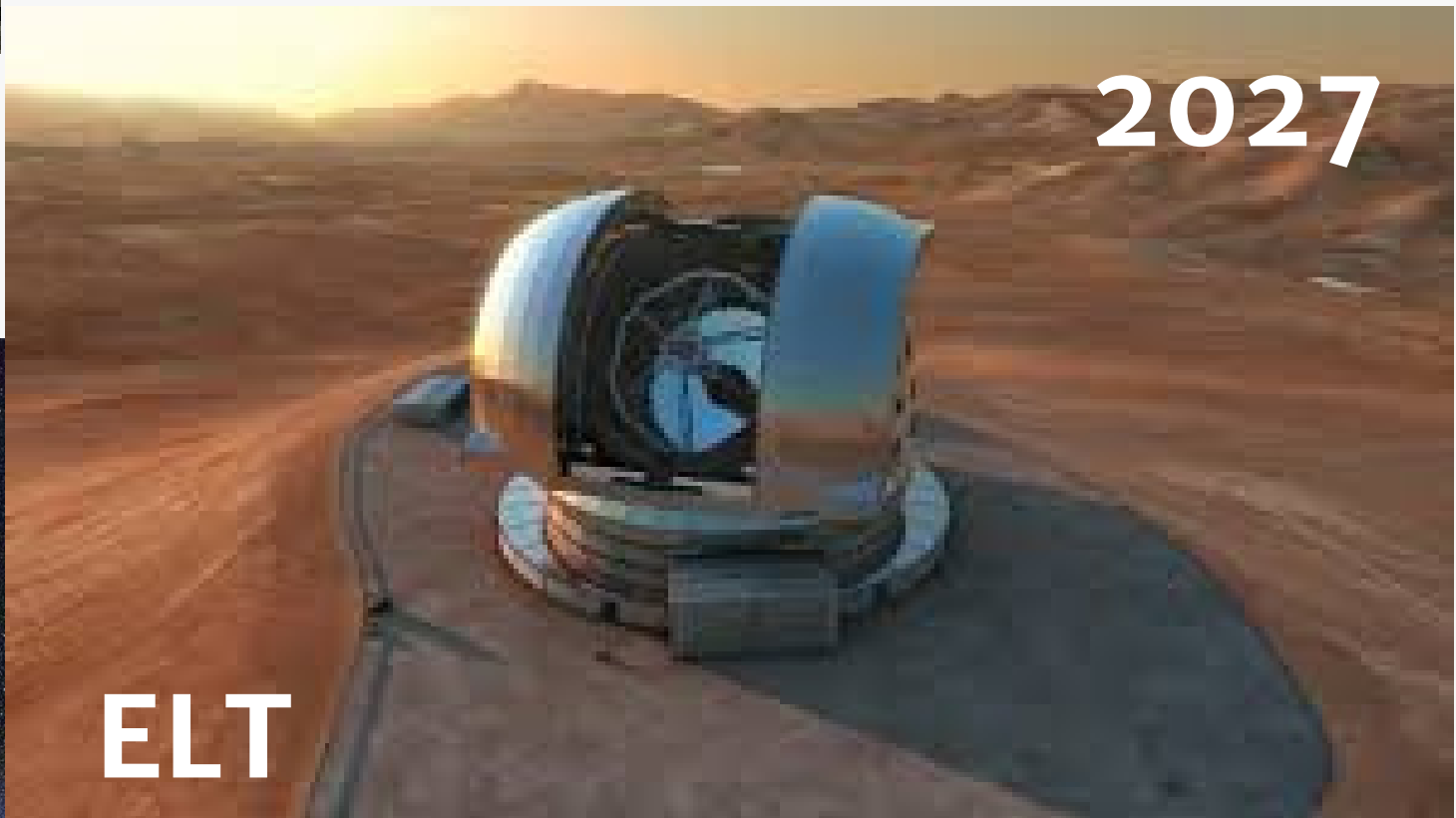
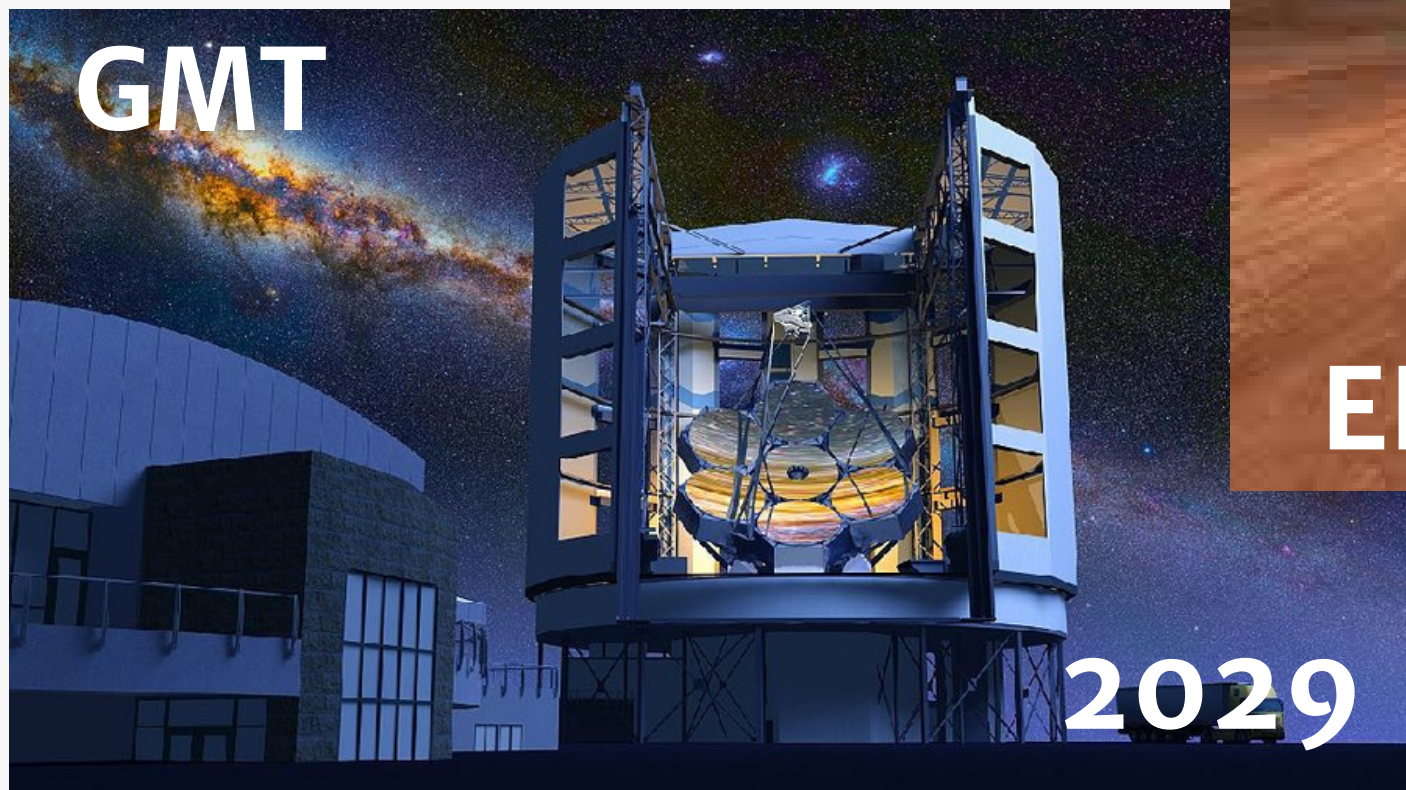
Se propagam pelo espaço → alteração de comprimentos, distâncias da ordem de 10^{-20}



E o futuro próximo?

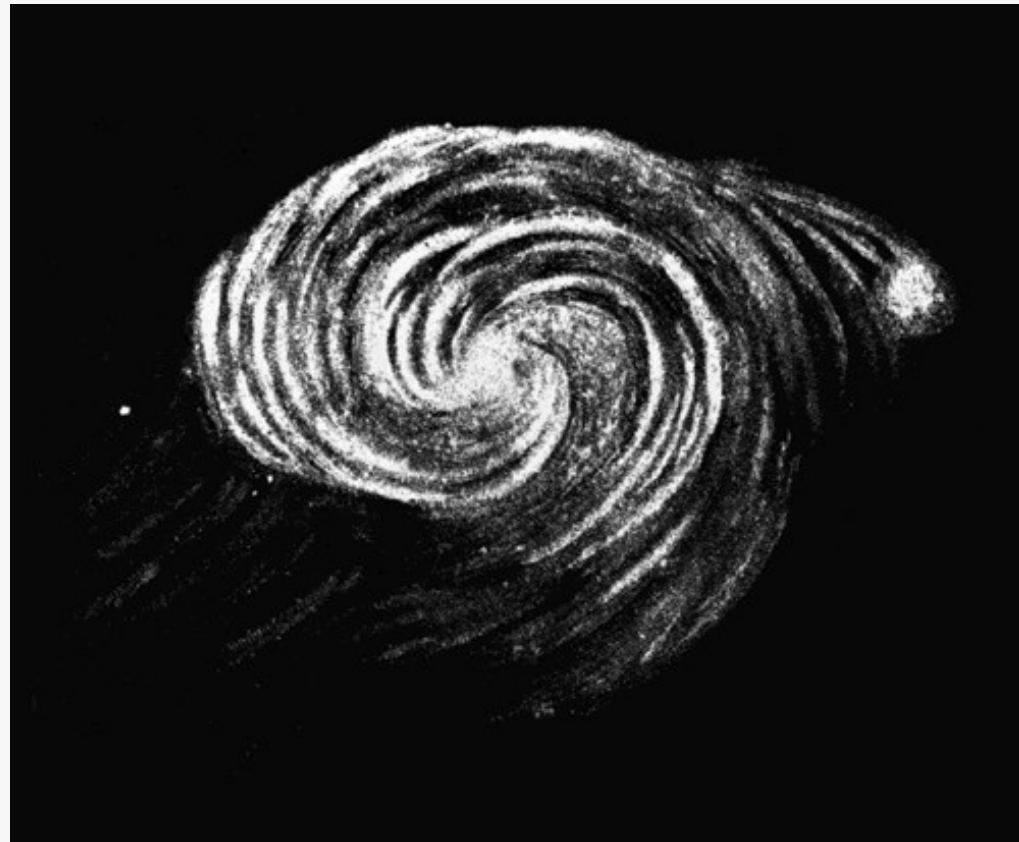






mentimeter

obrigada!



M51, 1845, Lord Rosse



De sterrennacht
1889, Vincent Van Gogh

Fim

ana.chies@ufrgs.br 

@anachies_santos 

Limite de resolução

Quantifica a capacidade de se separar duas fontes pontuais.

Expressa-se geralmente como o ângulo mínimo θ_{\min} , entre essas duas fontes no céu para que sejam separadas.

Limite de resolução teórico: é a resolução mínima para uma abertura D , definida pelo padrão de difração da luz ao passar por esta abertura: $\theta_{\min} = 1.22 \lambda/D$