

# Telescópios e Detetores

## Simbiose entre Ciência e Tecnologia

Sandra dos Anjos

<http://www.astro.iag.usp.br/~aga210/>

Questões que sempre foram feitas pelos homens, em diferentes momentos do desenvolvimento da civilização, impulsionaram não só o desenvolvimento intelectual como também o tecnológico e que nos trouxeram até aqui...

No caso da Astronomia, foi realizado um “caminho” que nos levou do telescópio de Galileu até o telescópio espacial James Webb.

No tempo de Galileu os telescópios daquele momento podiam nos ajudar a “ver” que a Terra não era o centro do Universo, que a Lua possuía crateras e montanhas, que a faixa esbranquiçada que aparece no céu era constituída de estrelas, que Júpiter tinha satélites, que Vênus apresentava fases e que o Sol apresentava manchas solares.

No tempo de Hubble, com telescópio de Monte Wilson de 2,5 m, foi possível observar objetos nebulosos que vieram a ser identificados como galáxias. Neste mesmo período Slipher obtem espectros destes objetos nebulosos, que posteriormente, em conjunto com as observações de hubble levam a descoberta da “expansão do universo”

Entramos na Era Moderna com questões que só podem ser respondidas com telescópios de grande porte e/ou com telescópios espaciais.

Projetos de instrumentação associados com novas tecnologias que permitem construir telescópios gigantes estão sendo construídos para desvendar os maiores enigmas e desafios da astronomia moderna: **a energia e matéria escuras, planetas extra-solares, explosões estelares e buracos negros.**

Existe, portanto, uma simbiose entre o tipo de ciência que pode ser realizada com telescópios de diferentes portes, com novas tecnologias.

Neste texto vou mostrar alguns exemplos que podem elucidar o papel dos telescópios e detetores, bem como que tipo de ciência pode ser realizada.

Como e que tipo de instrumento realiza a observação e medida da luz?

# História

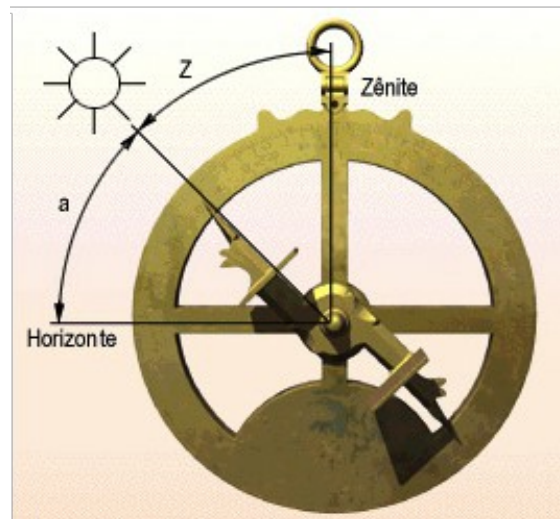
Desde o século VII instrumentos como **quadrantes e torqueti, ampulheta (fig.1), astrolábios (fig.2) e esferas armilares (fig.3)**, já faziam parte do acervo dos Observatórios em Bagdá, Cairo, Damasco e outros centros importantes.

Até o início do século 17 todas as observações eram feitas a olho nú e consistiam quase que totalmente nas medidas de posição dos astros.

**fig.1**



**fig.2**



**fig.3**



# Museu de História das Ciências – Genebra

## Instrumentos antigos como ampulheta, torqueti e outros





## Planetário

Museu de História das  
Ciências – Genebra

# História - Telescópios

...informações gerais

Parece consenso para a maioria dos historiadores que a invenção do telescópio tenha sido realizada em 1608 pelo holandês **Hans Lyppershey (1570-1619)**.

**Galileo Galilei (1569-1642)** foi o primeiro a utilizar o telescópio para estudos astronômicos. Parecia ter conhecimento de tal instrumento e, sem tê-lo visto, construiu o seu próprio instrumento em 1609, que se constituía de **2 lentes, uma convergente e outra divergente, com poder de aumento de 3x**.

Outros telescópios Galileanos foram construídos e chegaram a ter um aumento de 30 vezes.

Mas o que é um telescópio óptico? e qual é o princípio básico ou a sua função?

**É um “tubo coletor de luz”**

**Função básica é capturar o máximo de luz (ou fótons) possível do objeto em análise e concentrá-la no foco.**

**Telescópios **ópticos** são “desenhados” para coletar a **luz visível****

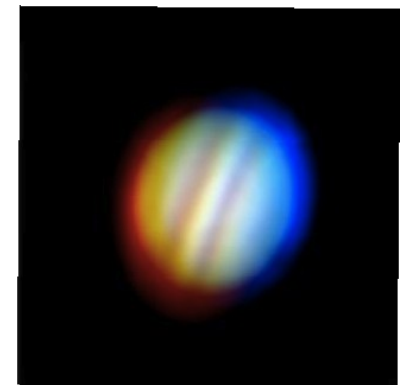
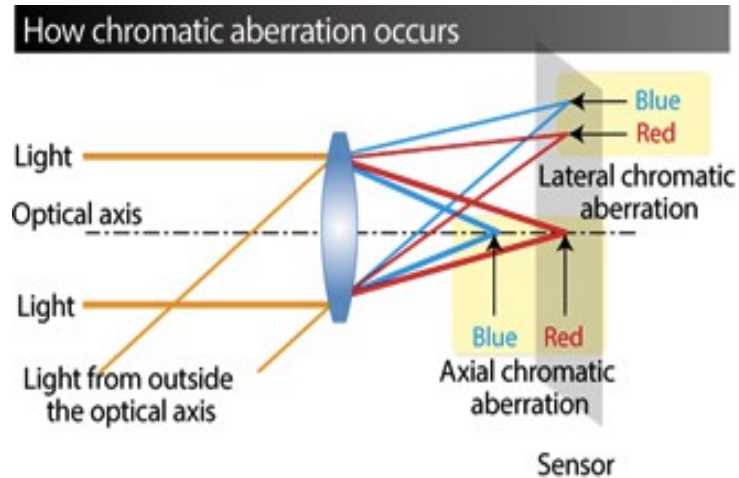
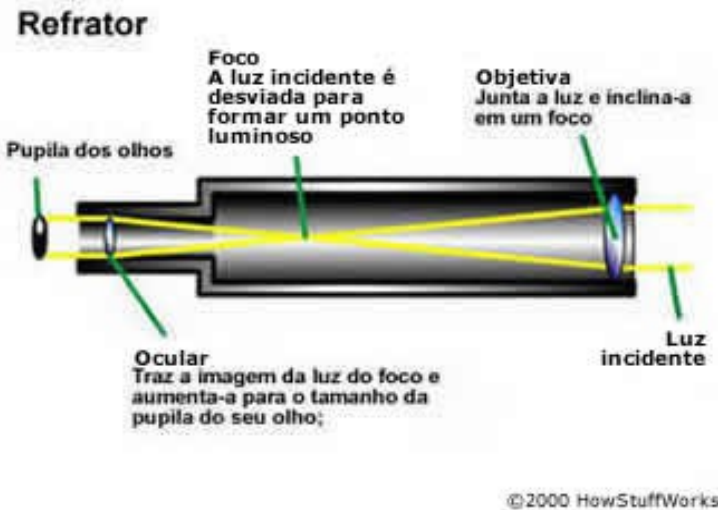


# Galileanos substituídos pelo Refrator Astronômico

...usam lente para levar a luz para o foco

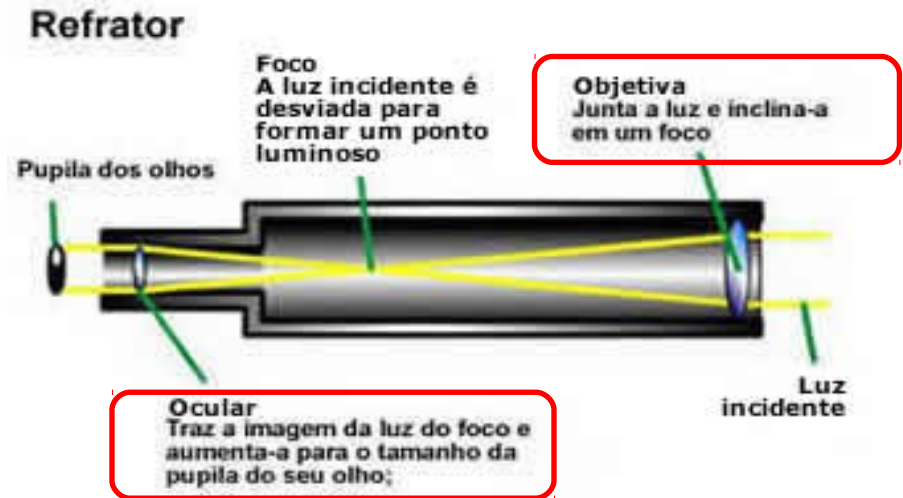
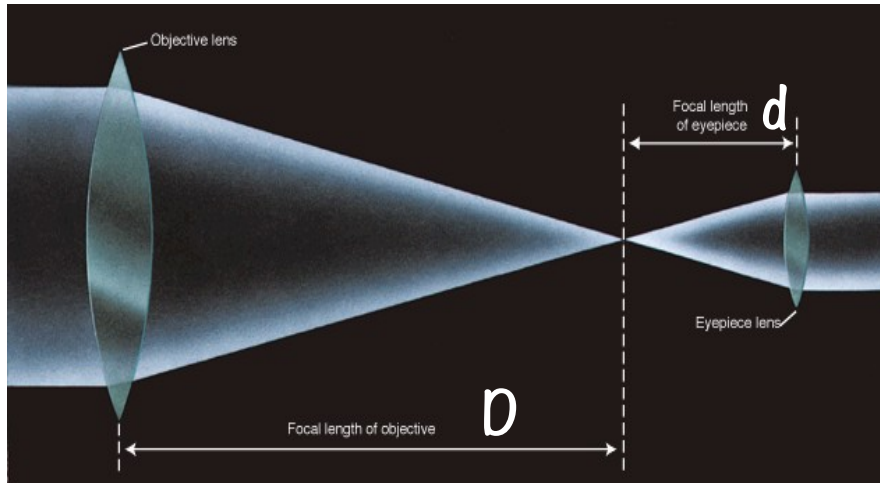
Que utiliza 2 lentes convergentes (imagem invertida) e os problemas....

**Problema - 1:** Este tipo de instrumento gera um efeito na imagem, a aberração cromática, dispersão produzida por lentes que possuem diferentes índices de refração para diversos comprimentos de onda luminosa, ou seja, diferentes cores vão ter focos em diferentes posições ao longo do eixo óptico, provocando a aberração.



Outros problemas: a qualidade e polimento do vidro e dimensão limitada (até 1.2m)

Reparem que temos ao longo do tubo, 2 lentes, uma chamada lente objetiva e outra ocular.



©2000 HowStuffWorks

**Objetiva:** → coleta a luz e colima para o foco (ponto sobre o eixo optico)

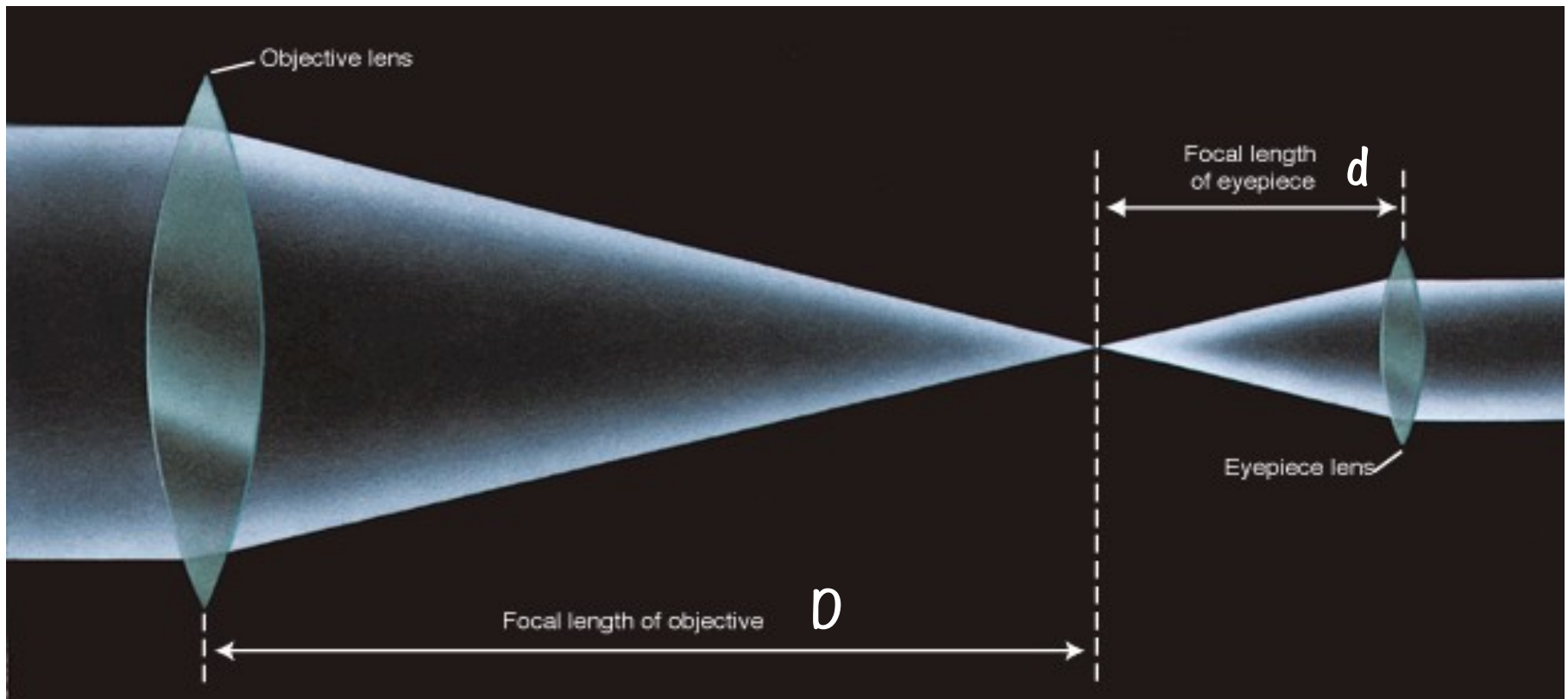
→ define o “poder de coleta de luz”- ganho de luz, e depende da área do coletor

→ O foco da lente objetiva depende da distância focal  $D$

**Ocular:** amplia a imagem formada no foco ou plano focal.

**Problema 2:** Lentes com diâmetro maiores que 1 metro precisam de tubos com mais de 20 metros de comprimento

## Funções: Magnificação ou Poder de Aumento



Telescópio de distância focal da objetiva,  $D$ , com ocular de distância focal  $d$ , tem

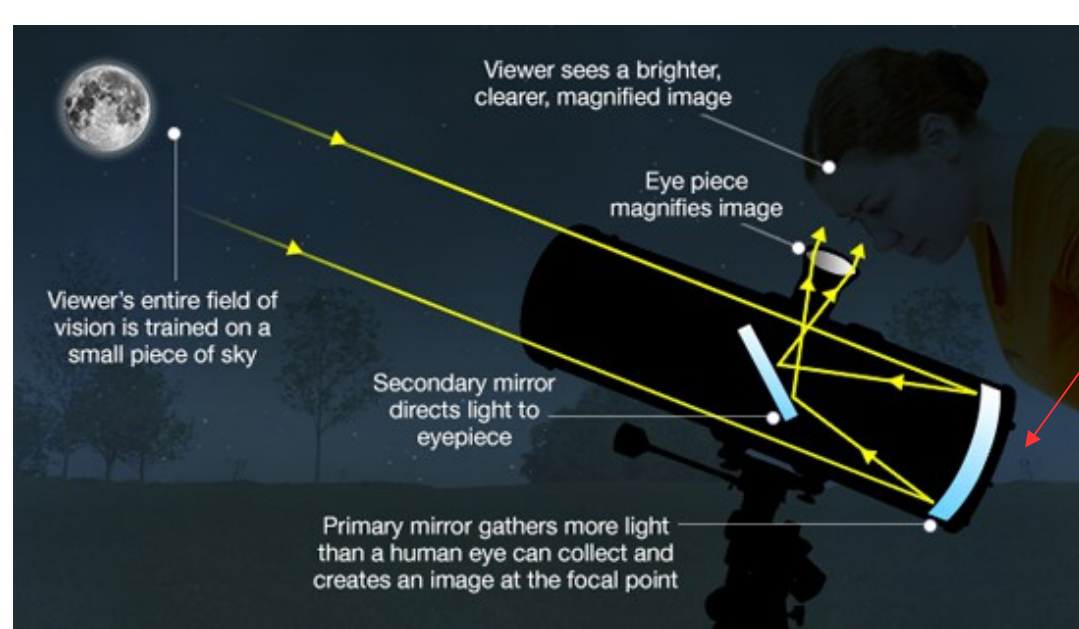
**magnificação** ->  $M = D_{\text{obj}}/d_{\text{oc}}$

A melhor magnificação para um telescópio ou binóculo é aquela que produz uma imagem de diâmetro da ordem de 5 mm, que é o tamanho médio da pupila de uma pessoa normal, após a adaptação ao escuro.

# Refratores Astronômicos substituídos pelos Refletores

...usam forma especial de espelho que recolhe e concentra a luz

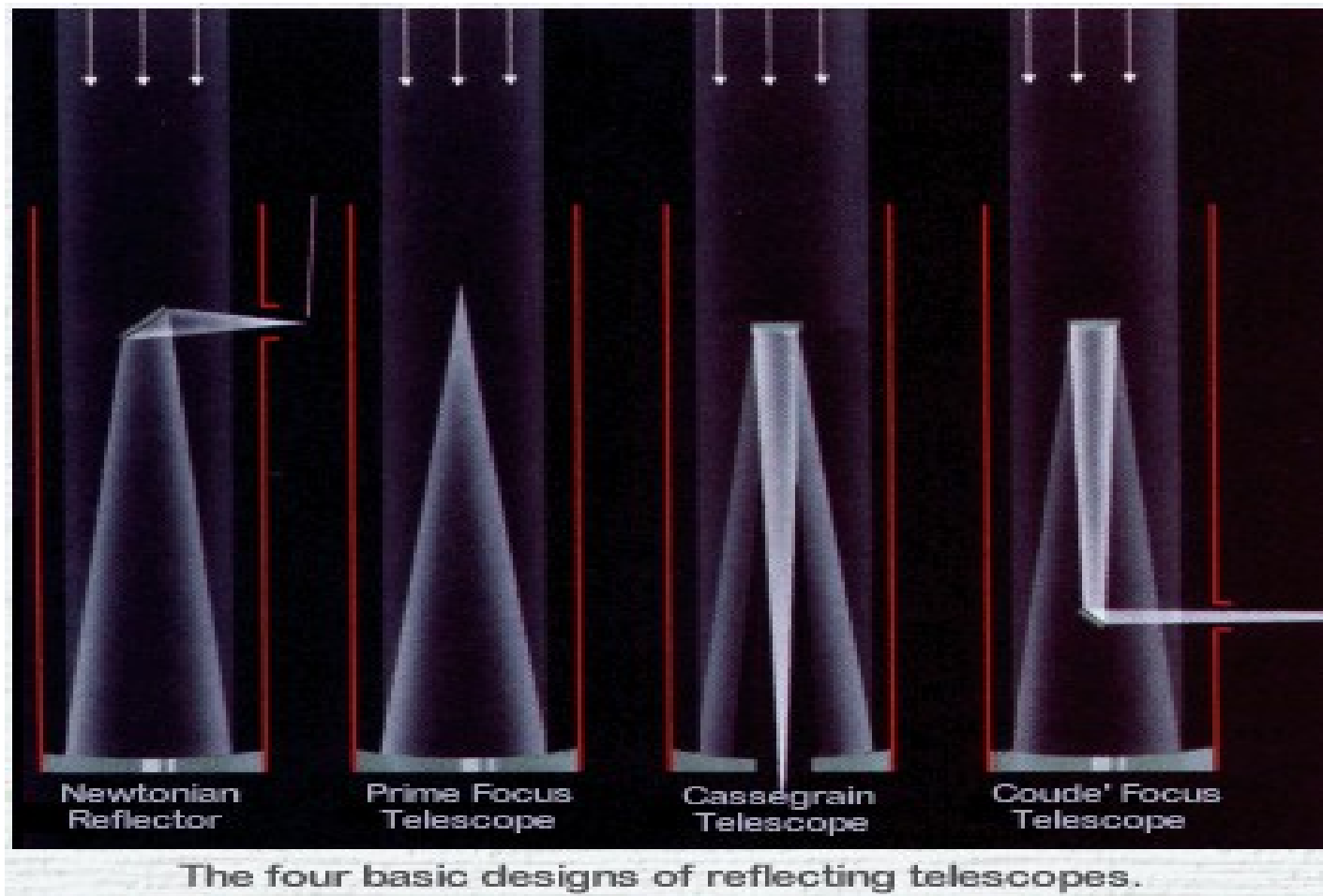
Solução para os problemas apontados anteriormente: substituir lente **por espelho**...!



Telescópios refletores, que independem do  $\lambda$ , evitando aberrações e a mudança da forma evitava também aberração esférica.

Outra vantagem: podem ser fabricados em maiores dimensões (4-5m).

## Diferentes Arranjos Focais de Refletores



Primário – leva a luz de qualquer ponto a um foco comum; **define o poder de coletar luz**

Newtoniano – empregado em telescópios de pno e médias dimensões (telesc. pessoais)

Cassegrain - usado na maioria dos grandes telescópios

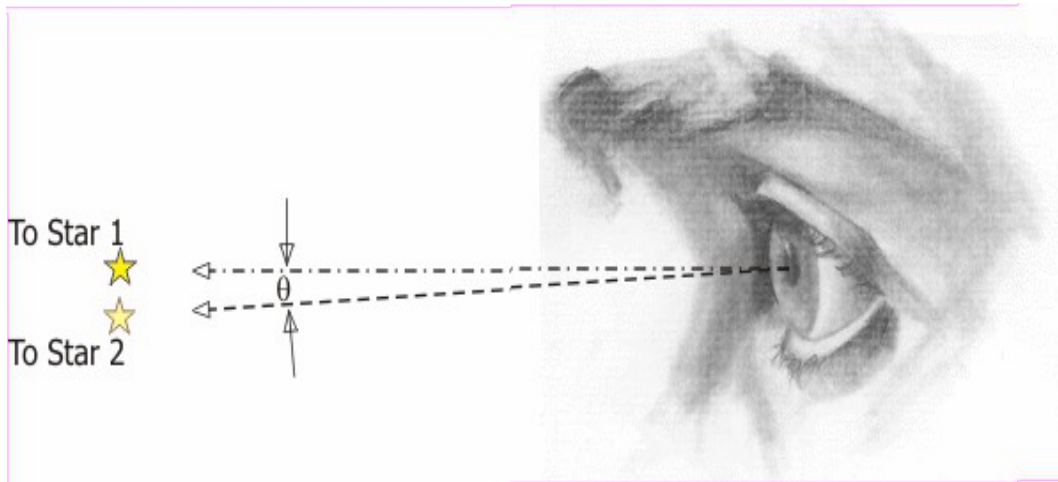
Coudê – 3 espelhos; instrumentos imóveis p/ registrar luz

## 2 Características relevantes para boa qualidade da Imagem: ...poder de coletar luz (sensibilidade) e resolução

1. **Poder de Coleta ou Ganho de Luz (G):** depende da área do espelho ( $\pi D^2$ )

$$G = \pi D^2, \text{ onde } D(\text{m}) = \text{Diâmetro do telescópio.}$$

2. **Poder de Resolução -  $\Theta$  (rad):** capacidade para distinguir detalhes; afeta a qualidade da imagem



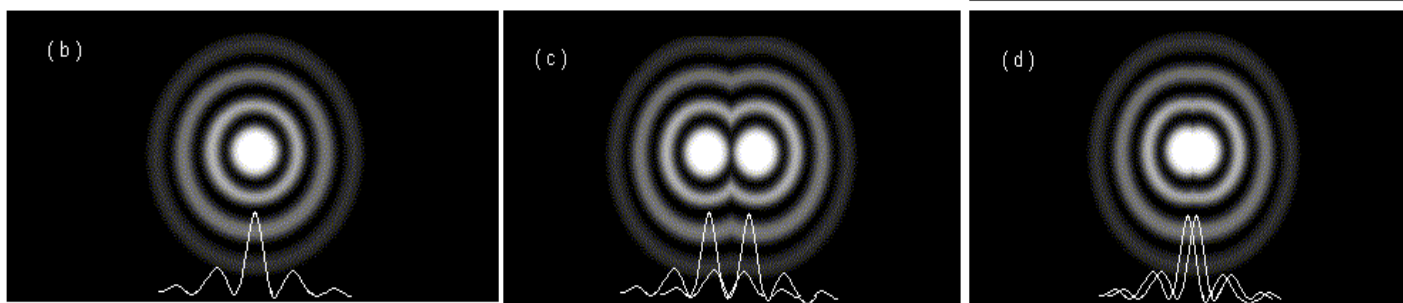
O poder resolutor de um telescópio é o menor ângulo entre duas fontes pontuais para o qual elas continuam separadas e definidas.

Quanto maior telescópio, maior o poder de resolução, maior nitidez. Por este motivo, existe o interesse em se construir telescópios cada vez maiores.

...mas existe um limite de resolução...

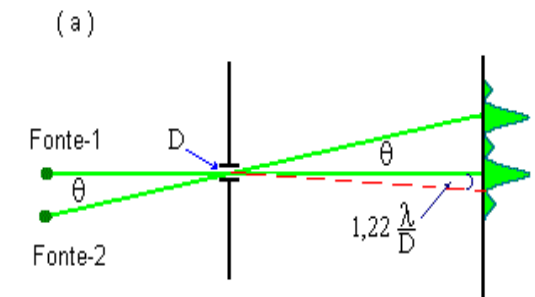
### Limite de Resolução - $\Theta$ (rad) – resolução angular:

quantifica a capacidade de se separar 2 fontes pontuais, com um ângulo  $\Theta$  mínimo, que é o limite de resolução teórico. Este limite, ou a resolução mínima para uma abertura “D”, é definido como padrão de difração da luz e é dado pela equação abaixo:



Padrão de difração de uma abertura circular de 1 única fonte

Padrão de difração de uma abertura circular de 2 fontes e o problema da superposição do padrão de difração.



$$\Theta \text{ (rad)} = 1.22 \lambda/D - \text{limite de difração}$$

$$\Theta \text{ ("} = 250000 \lambda/D, \text{ onde } \lambda \text{ é o comprimento de onda e } D, \text{ diâmetro de abertura da lente.}$$

A resolução de um telescópio melhora com o aumento do tamanho e quando comprimentos de onda mais curtos são observados.

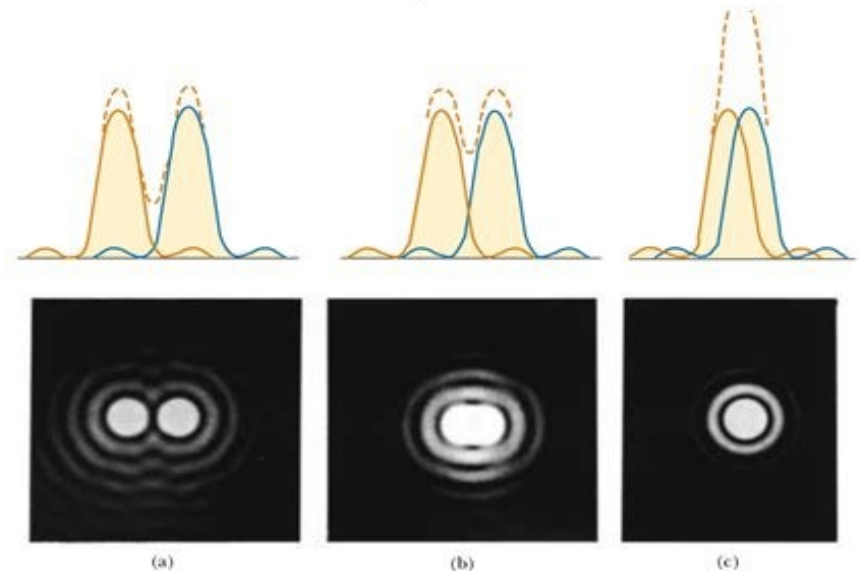
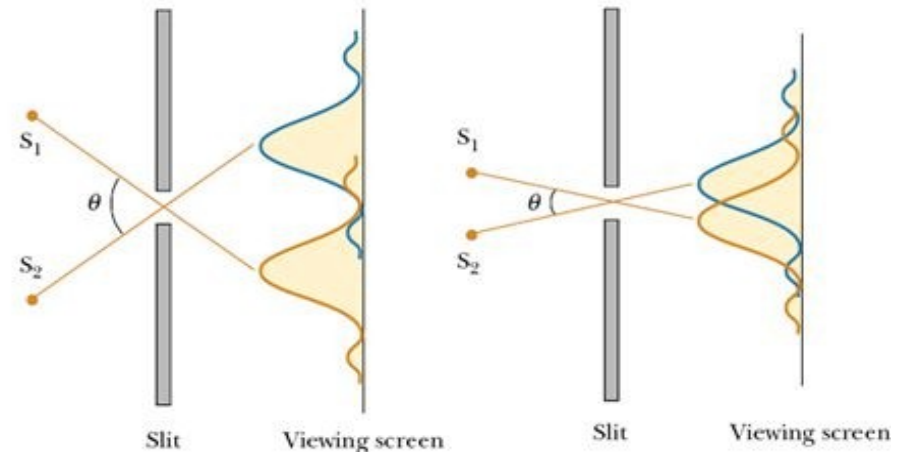
# Resolução de abertura circular

- Suponha a imagem formada por duas fontes distintas após passar por uma fenda circular (ex.: olho humano)
- Fontes próximas: figuras de difração sobrepostas.
- Critério de Rayleigh:
  - duas fontes são distinguíveis se **máximo** de uma figura de interferência coincide com o **mínimo** da outra.

$$\sin \theta = 1,22 \frac{\lambda}{d}$$

- Para ângulos pequenos:

$$\theta_R = 1,22 \frac{\lambda}{d}$$





# Aplicações e Exemplos

**Magnificação ou Poder de Aumento:**  $M = D_{obj}/d_{oc}$

Ex: Qual o poder de aumento de um Telescópio com 80 cm de distância focal da objetiva e 5cm de distância focal da ocular. →

$$M = 80/5 = 16 \text{ vezes}$$

**Ganho de Luz:**  $G = \pi D^2 / 2$

Ex: Qual seria o ganho de luz de um telescópio de 25cm comparado com o olho hum.?  $G(25\text{-cm}) / G(1\text{cm}) = 25^2 / 1^2 = 625 \text{ vezes mais poder de coleta de luz.}$

**Poder de Resolução:**  $\Theta \text{ (rad)} = 1.22 \lambda/D$  – limite de Difração ou  $\Theta \text{ ("} = 250000 \lambda/D \text{ (cm)}$

Ex: Qual o Poder de Resolução do olho humano, o telescópio Keck de 8m de diâmetro e do HST?  
Compare....

Olho humano tem pupila com  $D=0,1\text{cm}$ . Para a luz visível, o  $\lambda_{\text{tipico}} = 5.5 \times 10^{-5}\text{cm}$ :

$$\text{Então, } 250000 (5.5 \times 10^{-5}) / 0.1 = 138 \text{ arcsec}$$

Para o **Keck** com 8m de diâmetro:  $250000 (5,5 \times 10^{-5}) / 800 = 0.02 \text{ arcsec}$

Para o **HST** com 2.4m de diâmetro:  $250000 (5,5 \times 10^{-5}) / 240 = 0.06 \text{ arcsec}$

...outros exemplos...

## **Poder coletor $\propto D^2$**

<b>Olho humano</b>	<b>= 0.5 cm</b>	<b>=&gt; 1x</b>
<b>Luneta Galileu</b>	<b>= 10 cm</b>	<b>=&gt; 400 x</b>
<b>HST (Hubble)</b>	<b>= 2.5 m</b>	<b>=&gt; 250 mil x</b>
<b>Telescópio Keck</b>	<b>= 10 m</b>	<b>=&gt; 4 milhões x</b>
<b>Telescópio ELT</b>	<b>= 100 m</b>	<b>=&gt; 400 milhões x</b>

## **Poder resolvente = $0''.25 \lambda_{(\mu\text{m})}/D_{(\text{m})}$**

**Luz visível = 0.5  $\mu\text{m}$**

<b>Olho humano</b>	<b>= 0.5 cm</b>	<b>=&gt; 120'' (real)</b>
<b>Luneta Galileu</b>	<b>= 10 cm</b>	<b>=&gt; ~1''</b>
<b>HST (Hubble)</b>	<b>= 2.5m</b>	<b>=&gt; 0''.05</b>
<b>Telescópio Keck</b>	<b>= 10 m</b>	<b>=&gt; 0''.01</b>
<b>Telescópio ELT</b>	<b>= 100 m</b>	<b>=&gt; 0''.001</b>

## Instrumentos para análise da luz

**Fotômetro:** mede o brilho de uma fonte de luz. (fig.1)

**Câmera:** registra a imagem fornecendo informações sobre seu tamanho e forma. (fig.2)

**Espectrógrafo:** dispersa a luz de acordo com o comprimento de onda, forma um espectro que é registrado. (fig. 3)

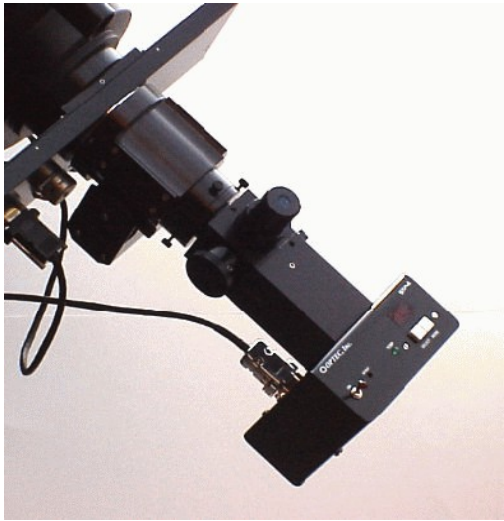


Figura 1



Figura 2

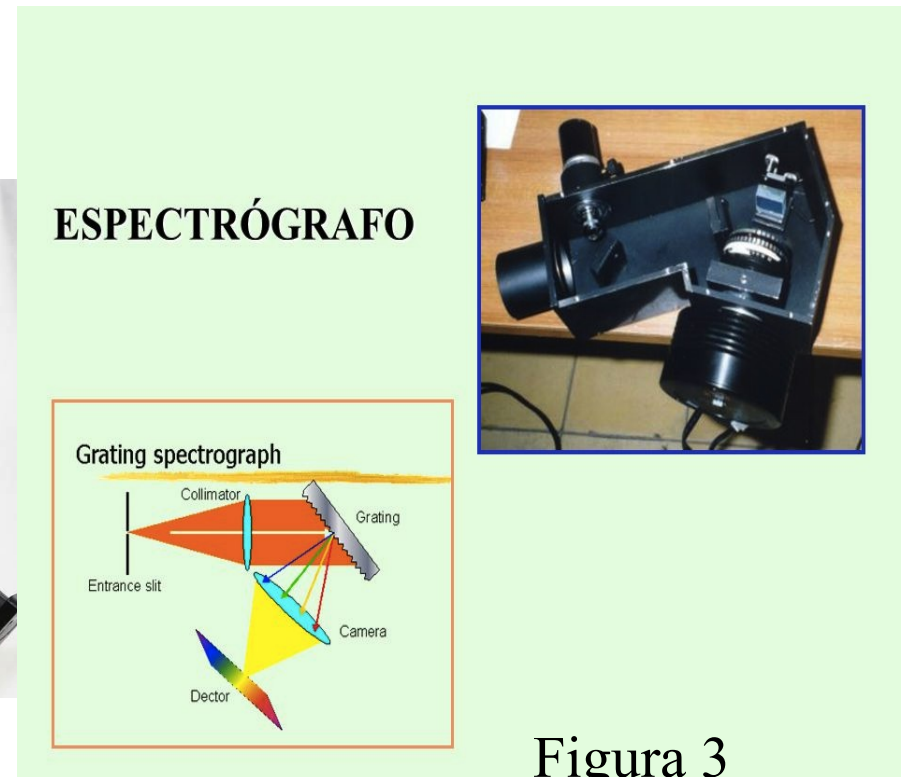
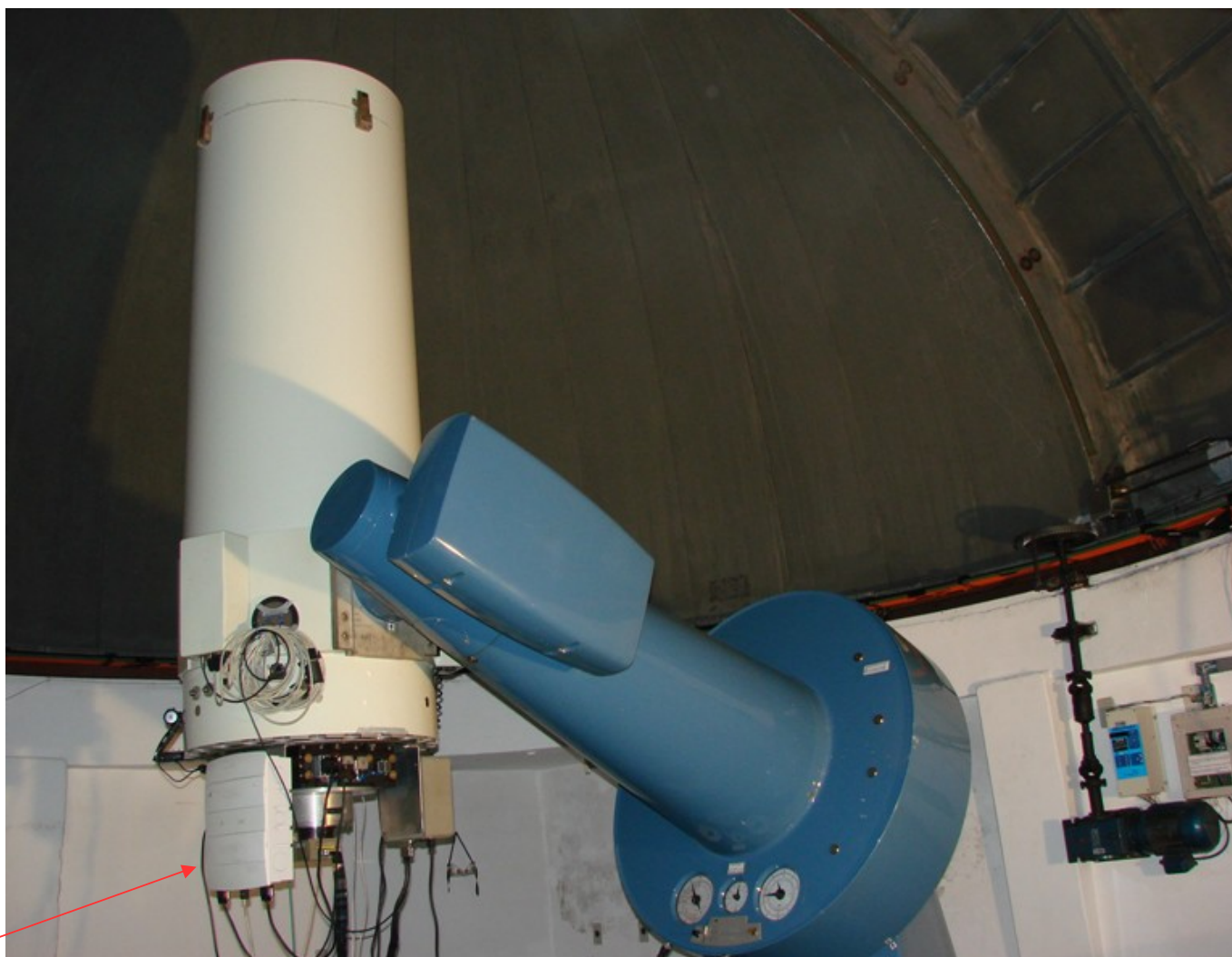


Figura 3

# Periféricos (câmeras CCD, espectrógrafos) acoplados ao telescópio do Observatório Pico dos Dias (BR-MG)

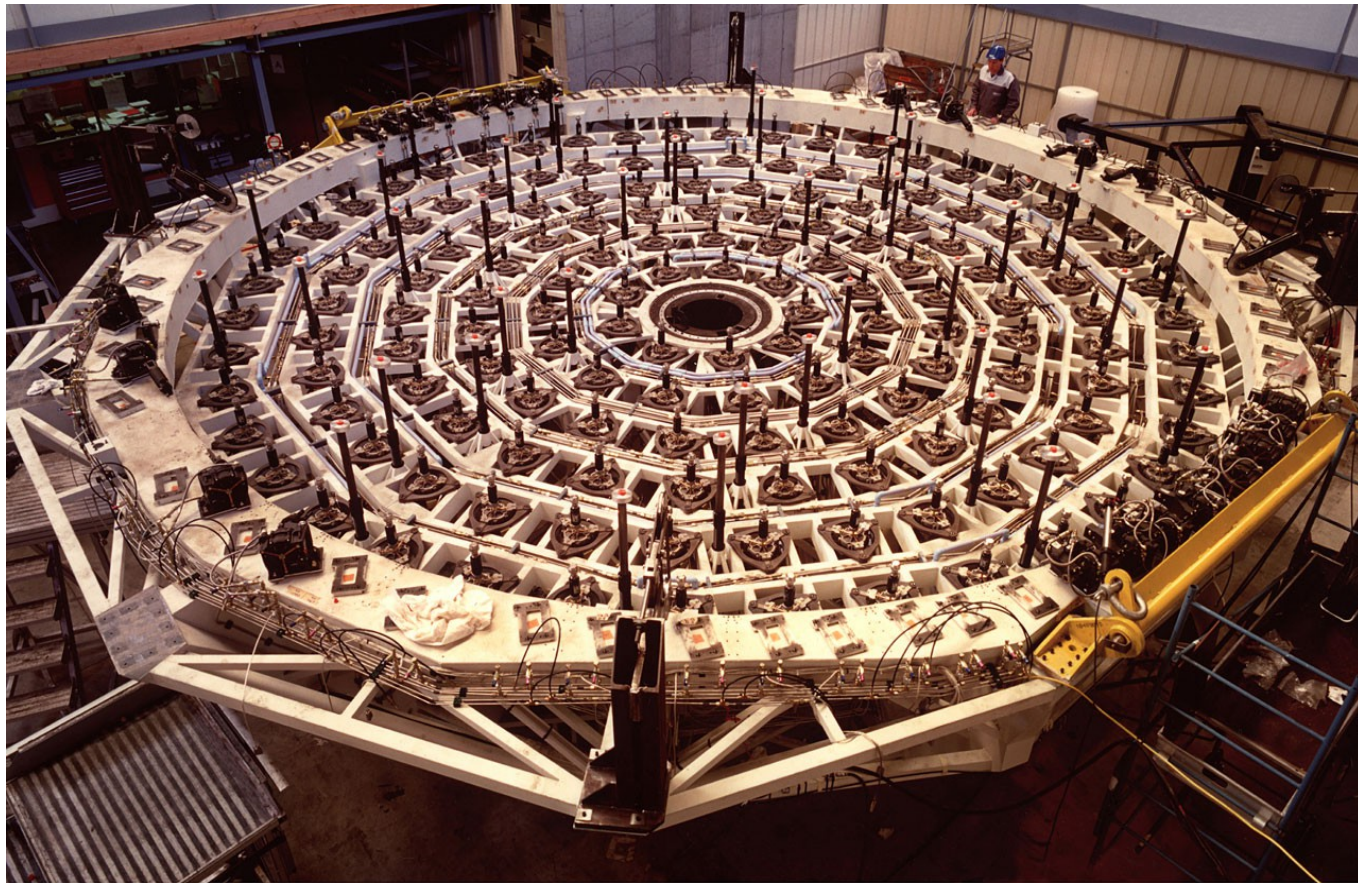


Telescópios ópticos de última geração incluem tecnologia do tipo:

- Óptica Ativa
- Óptica adaptativa
- Detetores CCD
- Espelhos

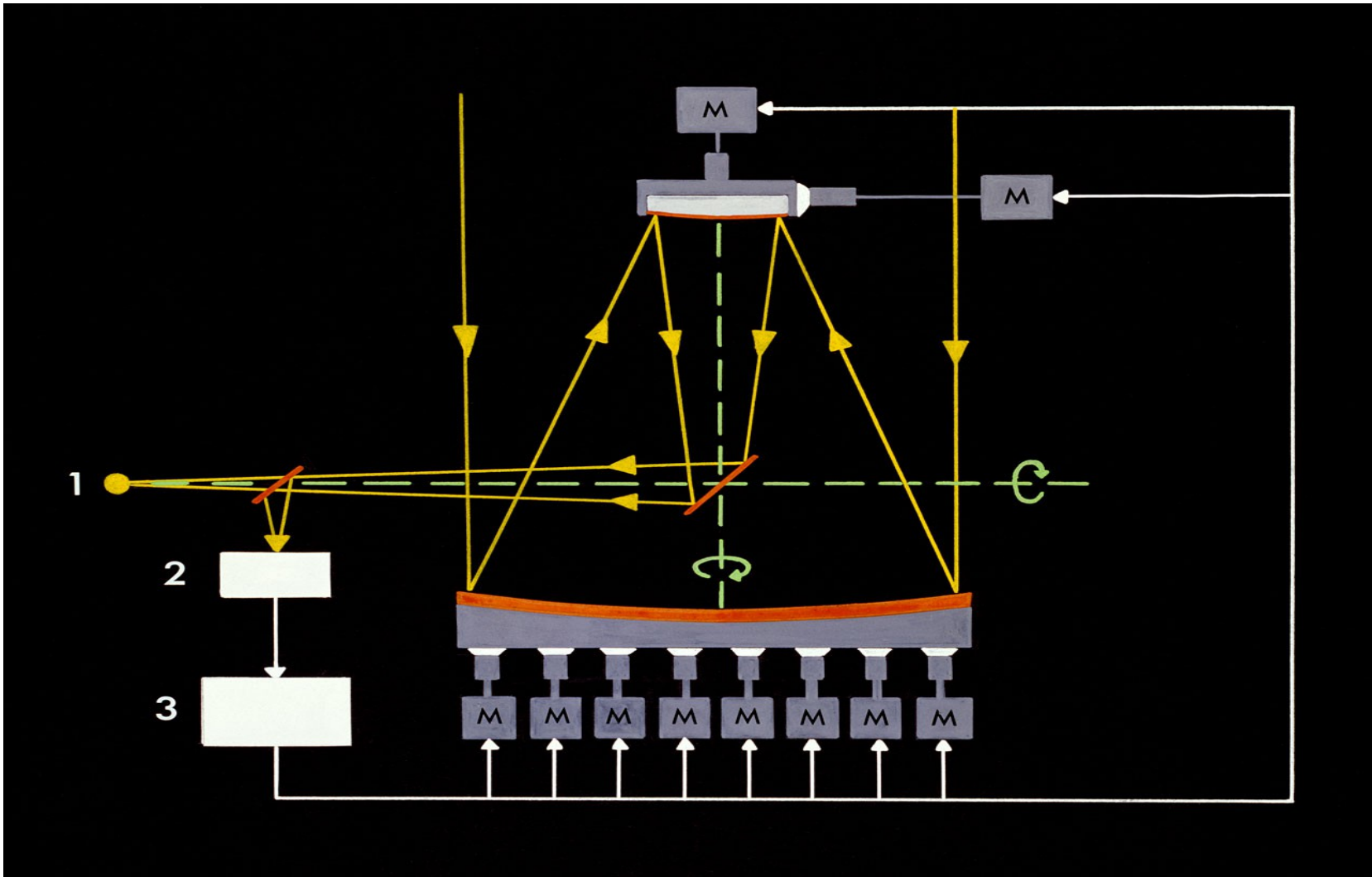
# Óptica Ativa

...uma técnica que mantém o alinhamento e a forma da imagem **modificando a forma do espelho flexível primário** para compensar a variação causada pela instabilidade do sistema mecânico

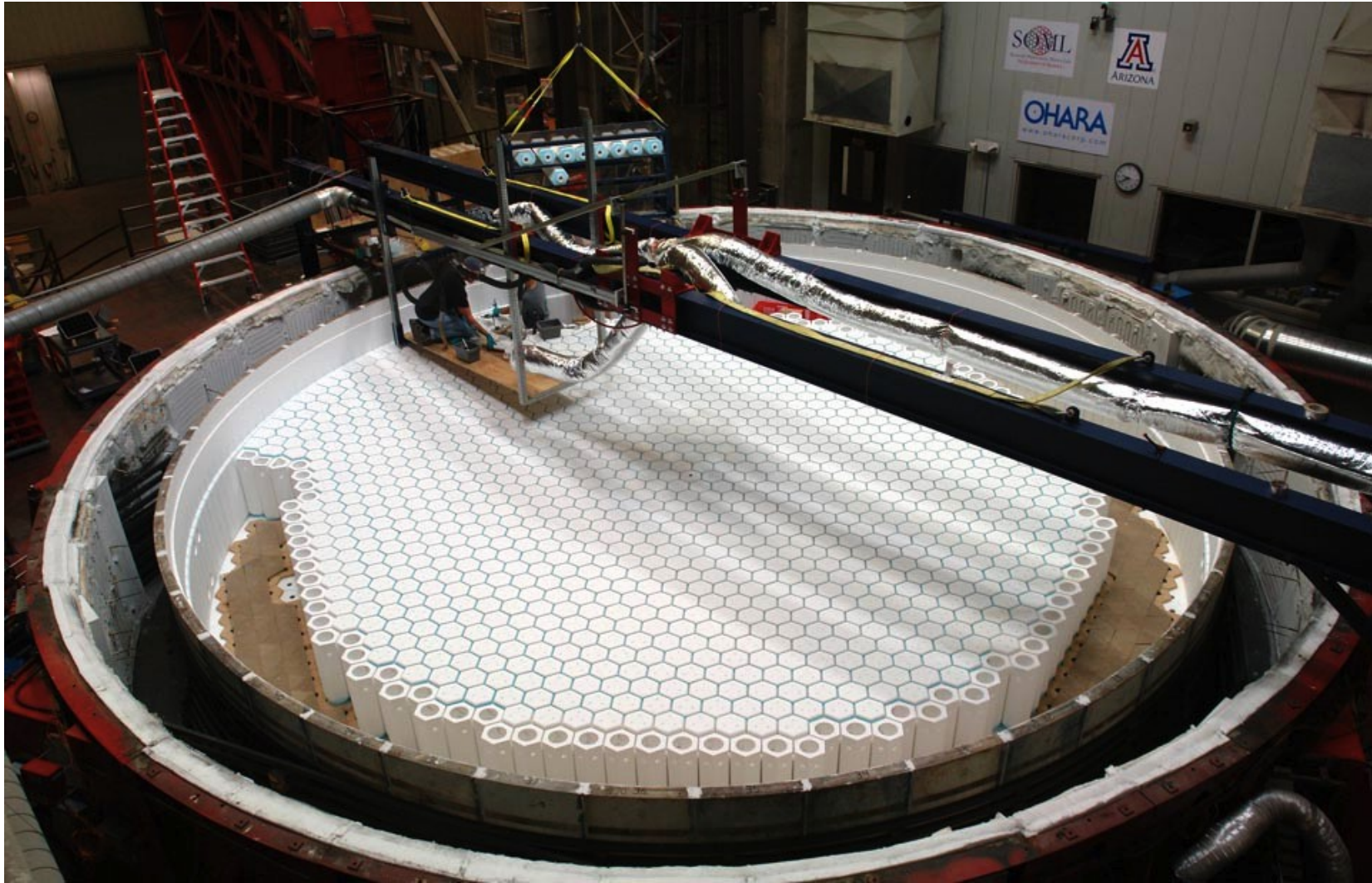


VLT – 8,2m – 150 atuadores – 17 cm de espessura – 22 toneladas

São efetuados contínuos ajustes, em escalas de tempo de poucos minutos, para que a forma do espelho não se altere, o que poderia causar deformidades na imagem.



Cada espelho tem um suporte (atuadores mecânicos) independente e é monitorado para que se mantenha o alinhamento e sua forma (ver [www.eso.org/public/brazil/teles-instr/technology/adaptive\\_optics/](http://www.eso.org/public/brazil/teles-instr/technology/adaptive_optics/))





# Giant Magellan Telescope Center Mirror Segment Cast Blank

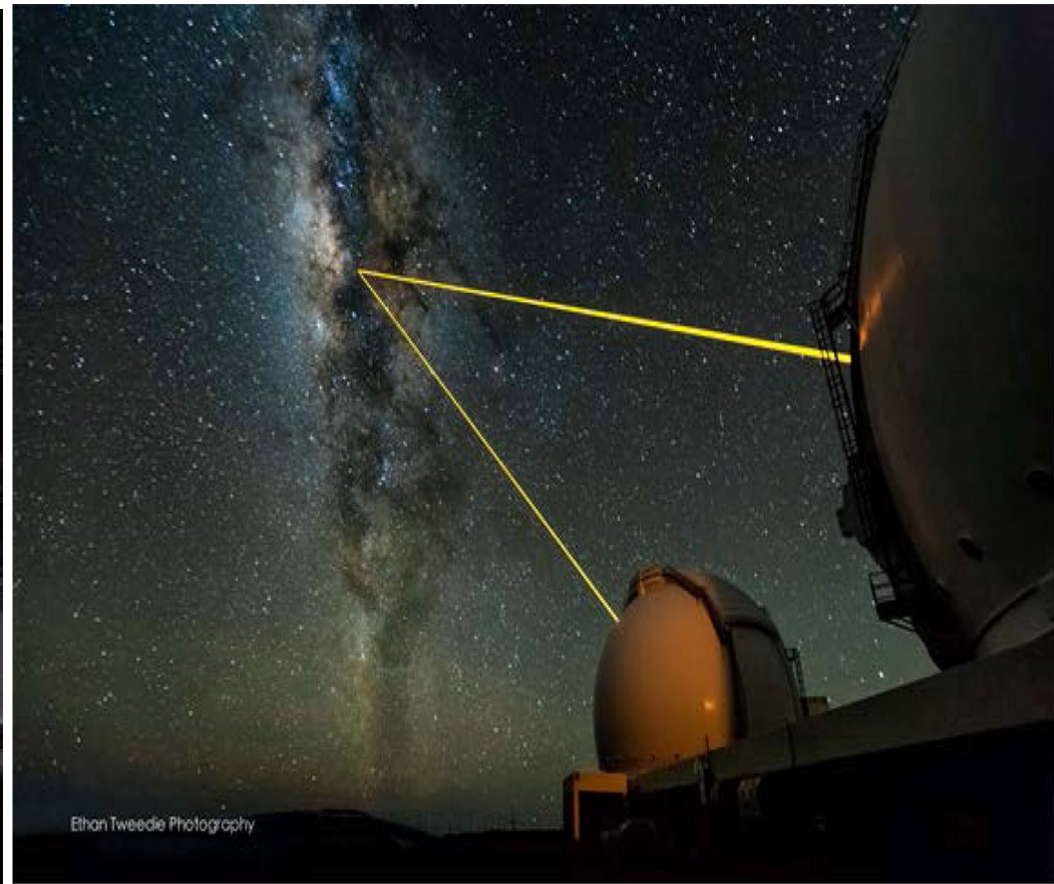


Richard F. Caris Mirror Lab  
College of Science Steward Observatory



# Óptica Adaptativa

Óptica Adaptativa é uma técnica instrumental com o objetivo de corrigir distorções de frentes de onda da atmosfera de forma dinâmica. .



O sistema de **óptica adaptativa** utiliza a estrela como uma fonte por meio da qual os astrônomos monitoram e corrigem as **distorções produzidas pela atmosfera**.

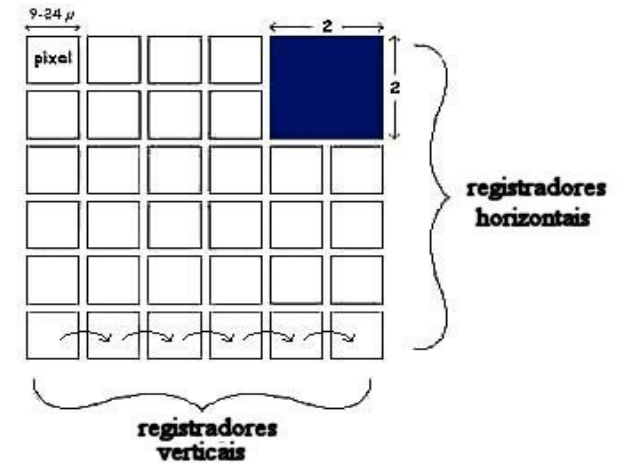
O raio laser irá funcionar como uma estrela corretiva artificial, podendo ser colocada em qualquer lugar do céu que os astrônomos quiserem observar, não precisando se limitar a locais onde o próprio Universo providenciou estrelas naturais.

A uma altitude de cerca de 100 quilômetros, o feixe de raios laser cria pequenas luzes brilhantes a partir do sódio em gás. O brilho refletido por essa nuvem de gás serve como uma estrela artificial para o funcionamento do sistema de óptica adaptativa, que é capaz de efetuar até 2.000 correções por segundo.

O raio laser é muito fraco e só poderá ser visto por quem estiver muito próximo ao telescópio. A nuvem de sódio torna sua luz ainda mais tênue, exigindo a utilização do equipamento de óptica adaptativa para tirar proveito de sua luminosidade. Desta forma ele não atrapalhará nenhum outro tipo de observação do céu.

## Detetores Eletrônicos

Os mais empregados na aquisição de dados nos grandes observatórios.



Eles são conhecidos como “**Charged Coupled-Advice (CCD)**”, cuja saída é diretamente ligada a um computador, que irá armazenar os dados.

Basicamente um CCD consiste de uma pastilha de silício composta de várias camadas “chip” dividida em vários pequenos elementos chamados “pixel” num arranjo bidimensional.

**Princípio de Funcionamento:** quando a luz atinge um pixel, uma carga elétrica é liberada no CCD. A quantidade de carga é diretamente proporcional ao número de fótons incidentes naquele pixel, ou seja, à intensidade de luz recebida naquele ponto.

Alguns exemplos da nova geração de telescópios ópticos...

Telescópios para comprimentos de onda invisíveis:

Radio

Raios-Gama

Ultra-Violeta

Infra-Vermelho

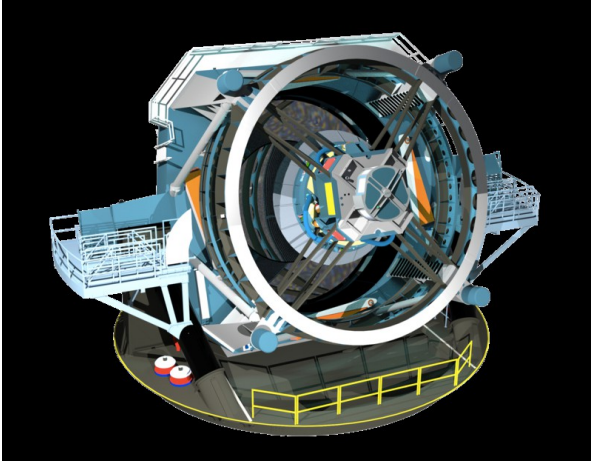
Raios-X

Obs: O desenho óptico utilizado para telescópios ópticos, UV, IR, rádio e visível não é utilizado no arranjo de telescópios raio-x devido ao fato destes tipos de energia refletirem a 90 graus....

# Large Synoptic Survey Telescope - LSST

## Observatório Vera Rubin

...deve entrar em operação em 2023.



Representa um superteloscópio de nova geração, considerado revolucionário pela comunidade astronômica internacional, o Large Synoptic Survey Telescope (LSST) se encontra em construção em Cerro Pachón, no Chile.

Possui espelho primário de 8,4 m de diâmetro e espelho secundário de 3,5 m de diâmetro, com uma câmera de 3,2 Gpíxeis, cobrindo um campo de  $3,5^\circ$ , totalizando 200.000 imagens por ano. Os dados do LSST poderão ser usados para uma grande variedade de estudos desde o sistema solar ao da energia e matéria escura

**Brasil tem participação de grupos de pesquisadores no projeto**

# LSST Project in Numbers

8,4 meters  
Primary mirror diameter

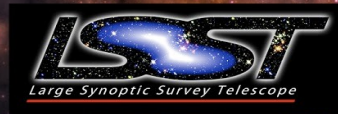
3 200 Megapixels  
Resolution of the Telescope Camera

3 Nights  
Time needed for an all-sky imaging

1.23 F/D  
Telescope aperture

15 seconds  
Exposure time needed to capture an image

800 times  
Number of times a same object will be captured



37 Billion  
Number of celestial objects detected after 10 years

15 TB  
Amount of data collected every night



Credit image: Rolf Wahl Olsen  
www.rolfolsenastrophotography.com

Source: [www.astrospace-page.blogspot.com](http://www.astrospace-page.blogspot.com)



## LSST: By the numbers



8 meter  
wide-field survey telescope

3 billion pixel  
digital camera  
(largest in the world)



3  
mirror construction

30  
terabytes  
of data per night

NSF's Large Synoptic Survey Telescope will image the entire visible sky a few times each week for 10 years and is expected to see first light in 2019.



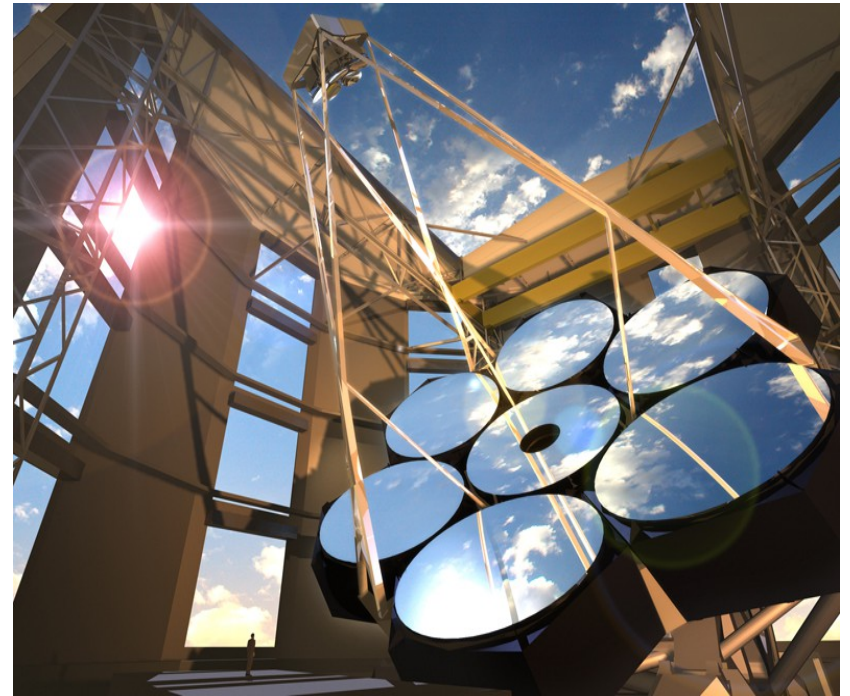
**Objetivos Científicos:** explorar o Sistema Solar, estudar a estrutura de nossa galáxia e a formação e evolução de estruturas do Universo.

**Custo:** 1 bilhão de reais. Em janeiro de 2008, Charles Simonyi e Bill Gates, ambos da Microsoft, doaram 20 milhões e 10 milhões de dólares, respectivamente, para este projeto.[3]



# Giant Magellan Telescope

## GMT



[Giant Magellan Telescope \(GMT\)](#), em Las Campanas, no Chile, com 7 espelhos de 8.4m de diametro cada, com uma resolução de 24,5 $\hat{A}$  de Área efetiva, 20' de campo, tem um **custo estimado de 690 milhões de dólares**, já incluindo 75 milhões de dolares para a primeira instrumentação. Os parceiros atuais são: Smithsonian, Australia, Universidade do Texas, Texas A&M, Korea e Universidade do Arizona, Brasil, e a construção iniciou em 2013.

## 13 Telescópios que se localizam no vulcão do Havaí – Mauna Kea ...2 deles (UH 2.2 e UH 0.9) educacionais pertencentes a Universidade do Havaí

**IRTF e UKIRT**: telescópios no infra-vermelho com 3m e 3,8m de diâmetro respectivamente.

Operado pela NASA desde 1979.

**CFHT**: óptico, com 3,6m de diâmetro.

Consórcio entre **Canadá-França e Havaí**.

**GEMINI**: são 2 (HN e HS). Um deles se encontra nos Andes. Diâmetro de 8,1m.

Consórcio com EUA, Reino Unido, Canadá, Argentina, Austrália, Brasil e Chile.



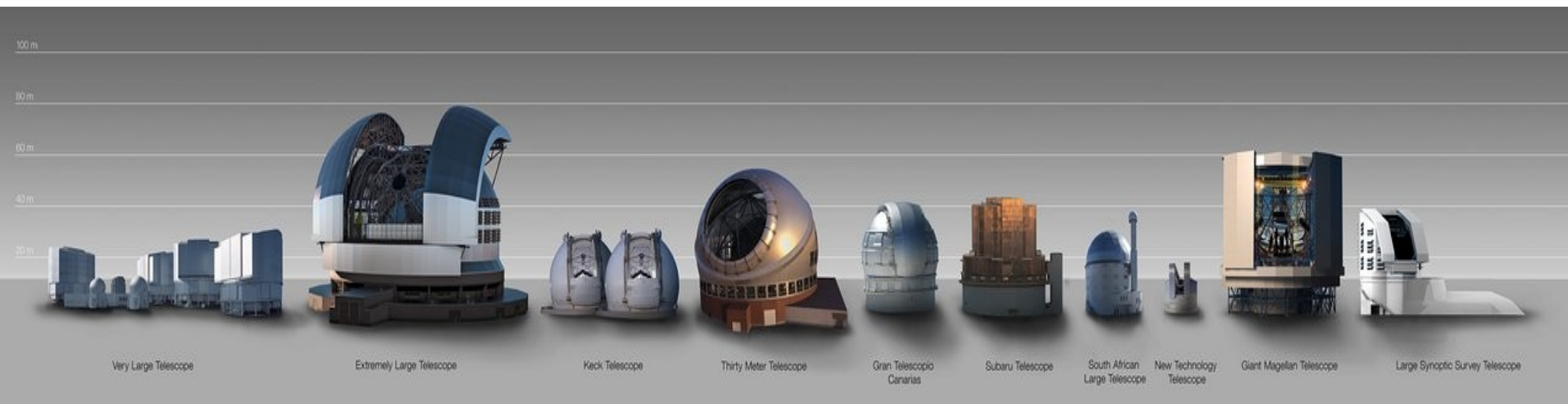
**Keck I e II**: óptico, 10m de diâmetro e operado pela Universidade da Califórnia – Caltech desde 1993.

**CSO**: submilimétrico, 10,4m de diâmetro, operado pelo Caltech/NSF (Nacional Science Foundation).

**Subaru**: óptico, 8,3m operado pelo Japão. **Maxwell – JCMT**: 15m, Reino Unido, Canadá e Holanda.

**TMT**: diâmetro de 30 metros, em construção. **SMA**: submilimétrico-array operado pela Smithsonian

# Comparação entre Cúpulas de Grandes Telescópios



Três desses telescópios óticos e infravermelhos gigantes já estão em fase de estudos: o Telescópio Giant Magellan Telescope - GMT), o Telescópio de Trinta Metros (TMT) e o Telescópio Europeu Extremamente Grande ( E-ELT).

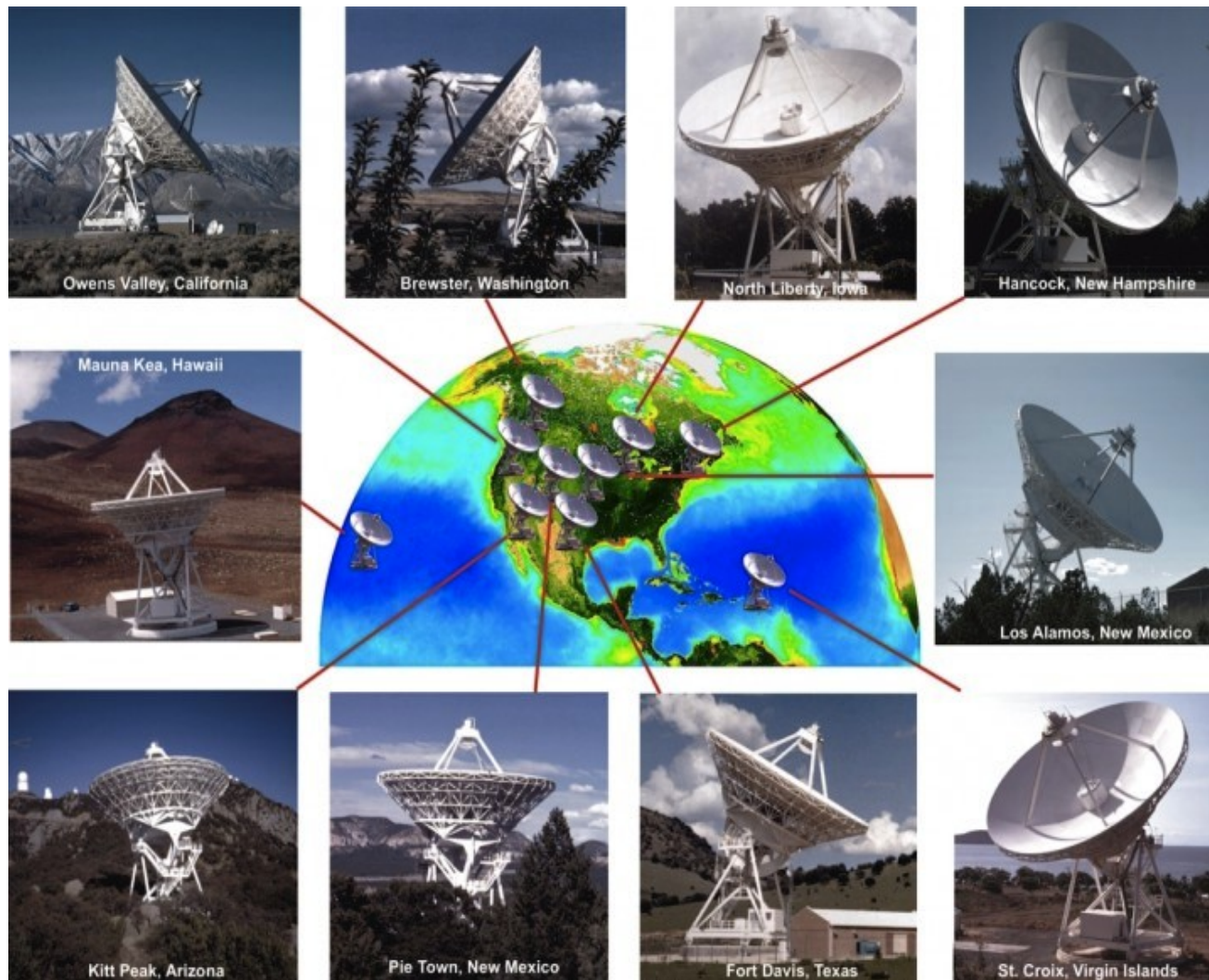
TMT será construído no Havaí e será financiado pela associação de universidades canadenses, pelo Caltech, Universidade da Califórnia e várias fundações, como a Gordon and Betty Moore, a Fundação Nacional de Ciências norte americana (NSF) e a Associação de Universidades e Pesquisas Americanas (AURA).

O E-ELT, que ainda não tem sítio definido, terá uma área efetiva de 42 metros (mil espelhos hexagonais de 1,4m de lado e 5 mm de espessura) e será construído por um consórcio de 14 países que formam o Observatório Europeu Austral (ESO).

# Telescópios para Radiação Invisível

## VLBA

O **Very Long Baseline Array** é um sistema de dez radiotelescópios que são operados remotamente a partir de seu centro de operações que está localizado em Socorro, Novo México, como parte do National Radio Astronomy Observatory.



## Radiotelescópios

O **Radiotelescópio de Arecibo**, o maior fixo do mundo, e localiza-se em Arecibo, Porto Rico.

Sua antena parabólica gigante tem 305 metros de diâmetro e foi construída originalmente em 1963, na cratera de um vulcão extinto, para estudar a ionosfera terrestre.

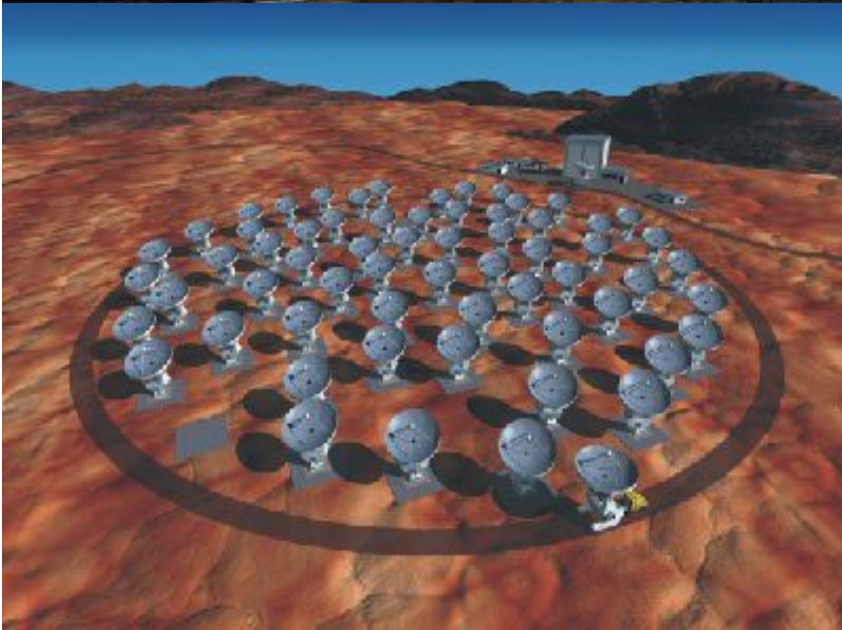
Ele é operado pela Universidade de Cornell, dos Estados Unidos da América e é atualmente a principal ferramenta na busca de vida extraterrestre, através do projecto SETI@home



**Acidente:** Em agosto de 2020 houve um acidente quando ocorreu a ruptura de um dos cabos de aço que ajuda a sustentar a plataforma de metal. Ao partir-se caiu sobre o disco refletor montado na boca do vulcão, com 30 metros de diâmetro, danificando-o. Um segundo acidente ocorreu em novembro de 2020, novamente relacionado a um dos cabos de sustentação e no momento encontra-se inoperante.

# Radiotelescópios

...sistemas em rede - interferometria: diversas configurações



## VLA-Very Large Array

Interferômetro com 27 antenas, cada uma com 25m de diametro.

## <- MMA-Multimilimeter Array

Interferômetro com 40 antenas, cada uma com 8m de diametro, sensível a comprimentos de onda de 0,3 a 3 milímetros.

# Radiotelescópios

...alguns tipos de pesquisa realizadas com este tipo de telescópio

Átomos de hidrogênio ionizado emitem em rádio produzindo a linha de 21cm, útil na avaliação da distribuição de gás em galáxias. Traça, portanto, os braços na Via-Láctea - nossa Galáxia.

Moléculas em nuvens interestelares formam linhas de emissão em rádio.

Algumas estrelas emitem em rádio devido ao gás ionizado.



# ESA – Agência Espacial Européia

## Observatórios Orbitais em diferentes comprimentos de Onda

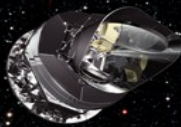
### Diferentes objetivos científicos

## → ESA'S FLEET ACROSS THE SPECTRUM



Thanks to cutting edge technology, astronomy is unveiling a new world around us. With ESA's fleet of spacecraft, we can explore the full spectrum of light and probe the fundamental physics that underlies our entire Universe. From cool and dusty star formation revealed only at infrared wavelengths, to hot and violent high-energy phenomena, ESA missions are charting our cosmos and even looking back to the dawn of time to discover more about our place in space.

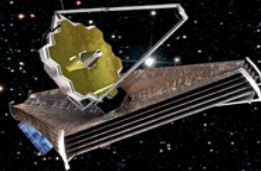
**planck**  
Looking back  
at the dawn of time



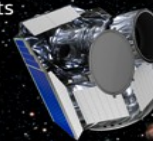
**herschel**  
Unveiling the cool  
and dusty Universe



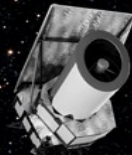
**jaxa**  
Observing the first light



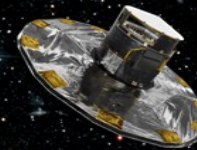
**cheops**  
Sizing and first characterisation  
of exoplanets



**euclid**  
Exploring the dark Universe



**gaia**  
Surveying a billion stars



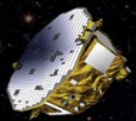
**hst**  
Expanding the frontiers  
of the visible Universe



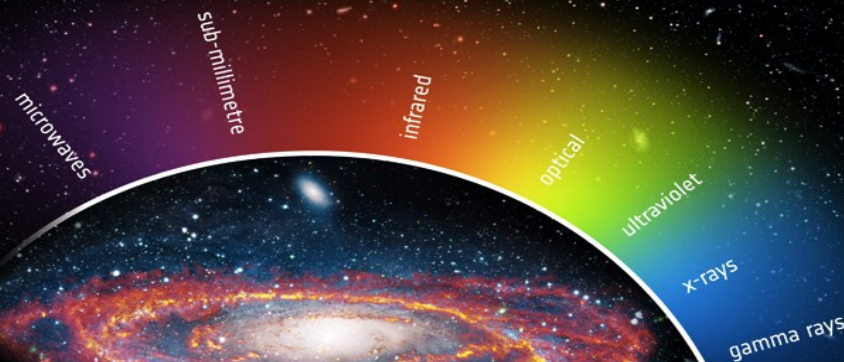
**xmm-newton**  
Seeing deeply into the hot  
and violent Universe



**lisa  
pathfinder**  
Testing the technology  
for gravitational  
wave detection



**integral**  
Seeking out the extremes  
of the Universe



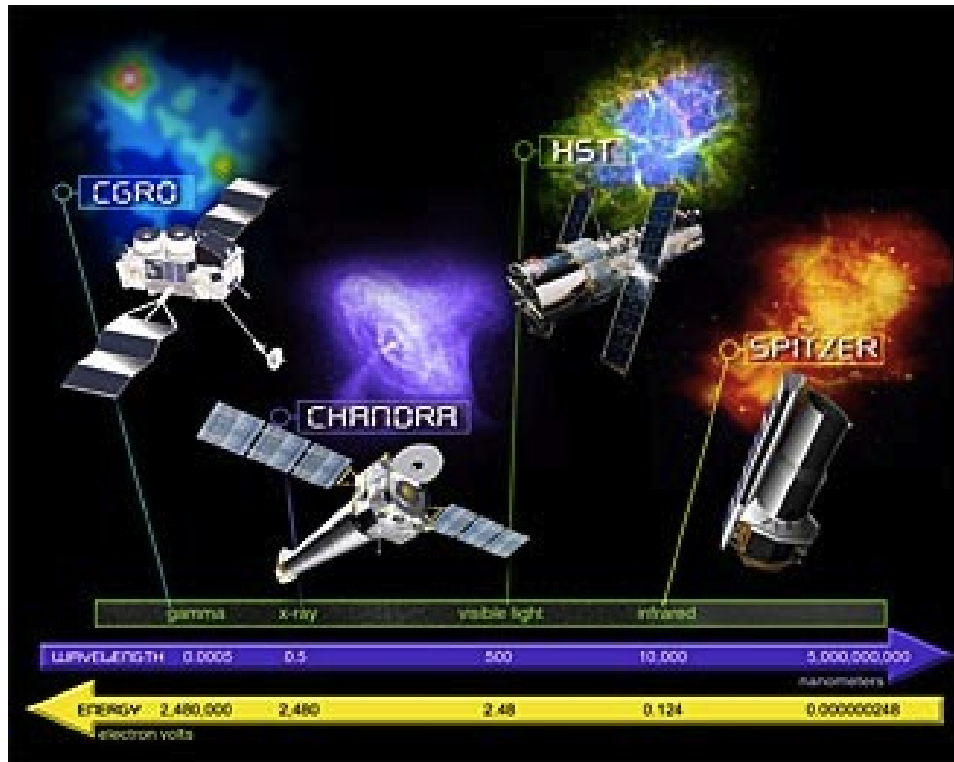
# Telescópios Espaciais - Projeto Grandes Observatórios Espaciais

4 Observatórios Orbitais, cada um dedicado a observar em um determinado comprimento de onda

## 1-Hubble-HST:

luz visível 1990-1993

1997 – adicionado equipamentos para obs Ultravioleta, e infravermelho



## 3-Spitzer – Infra-vermelho – 2003

**Missão:** Estrelas frias; exoplanetas, nuvens de poeira

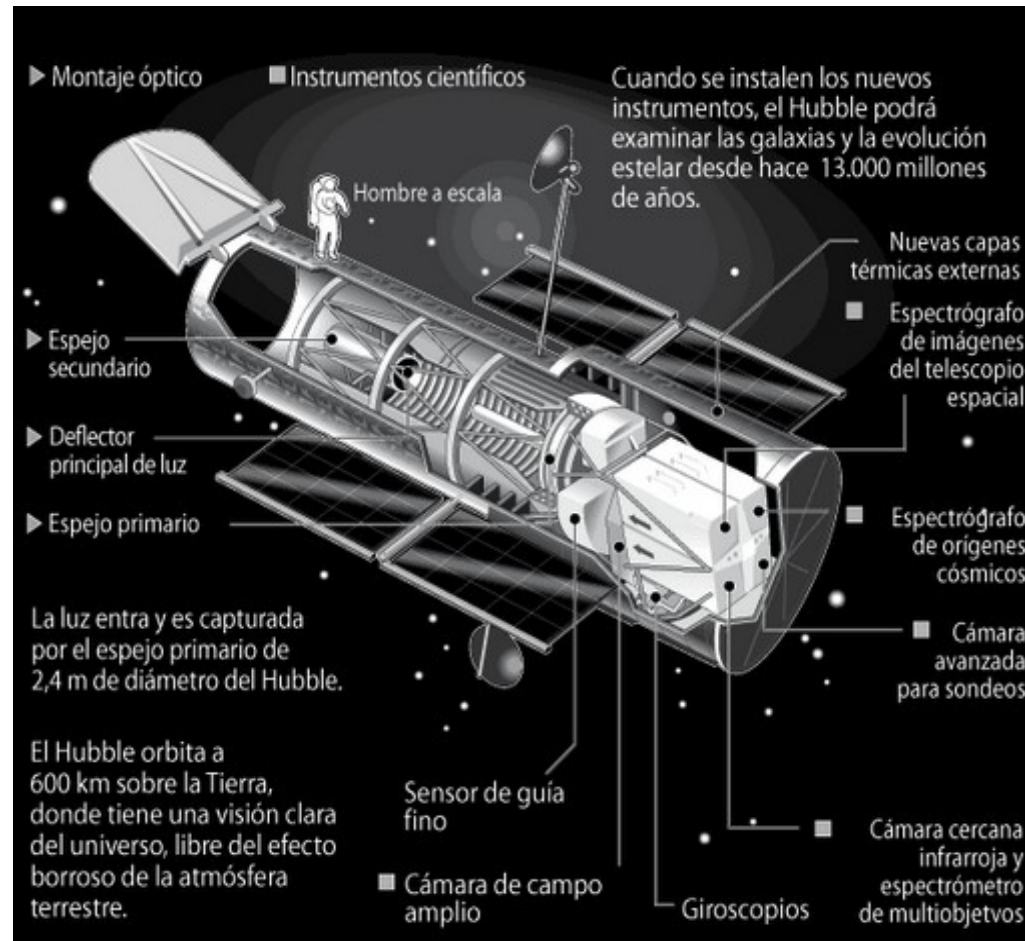
## 2- Chandra - Raios-X CXO; 1999

**Missão:** detecção de Buracos Negros, Quasares e gás a altíssimas temperaturas

## 4-Compton – Raios-Gama CGRO; julho 1991-2000.

**Missão:** objetos de altas energias

# Telescopio Espacial Hubble - 1990



# Algumas imagens obtidas com o HST



# Telescópio Espacial Spitzer – Infra-Vermelho

...a maioria das radiações infravermelha é bloqueada pela atmosfera da Terra, portanto, elas não podem ser integralmente observadas de sua superfície.

Lançamento: 08/2003

Estrutura tubular de 85 cm de diâmetro.

Faz parte do “**Programa Astronômico de Pesquisa das Origens**” - formação de estrelas e galáxias

## **Objetivos Científicos:**

A luz infravermelha carrega informações sobre objetos frios do espaço, como estrelas que produzem pouca luz visível, exoplanetas e grandes nuvens moleculares.

Nuvens moleculares contêm gás e poeira que bloqueiam a luz visível. Os “comprimentos de onda da radiação infra-vermelha” são maiores do que a dimensão dos grãos de poeira, permitindo com que radiação infravermelha atravesse as nuvens. Fenômeno que nos permite observar estrelas em formação, o centro de galáxias e a formação de novos sistemas solares.

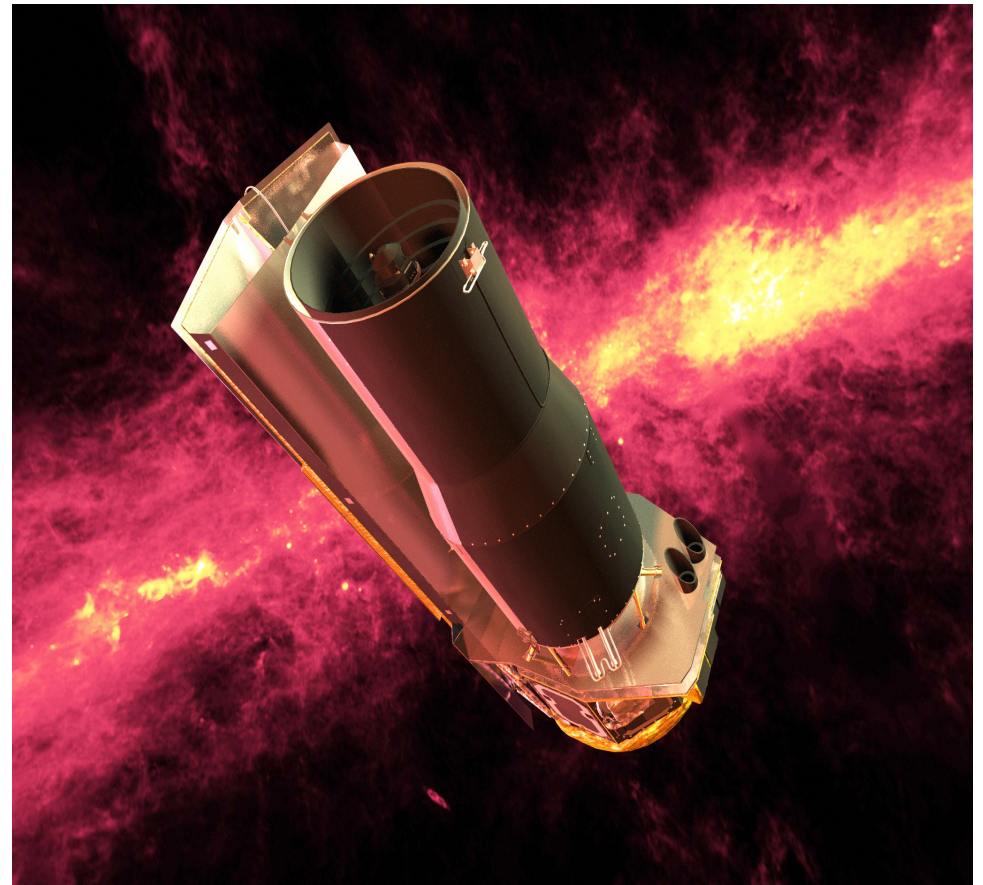
# Telescópios Infravermelho - Spitzer

...alguma radiação pode penetrar na atmosfera, mas maioria está no espaço

Estrelas formadas recentemente e nuvens interestelares em processo de colapso emitem radiação IR intensa.

Objetos relativamente frios emitem em IR.

Galáxias que estão em intensa fase de formação estelar (starburst).



# Telescópios Raios X - Chandra

...pesquisam objetos que emitem altas energias

Objetos com temperatura acima de 100.000 K vão emitir em RX.

Regiões externas (coroas) de estrelas.

Anãs brancas, estrelas de neutrons, buracos negros...quasares

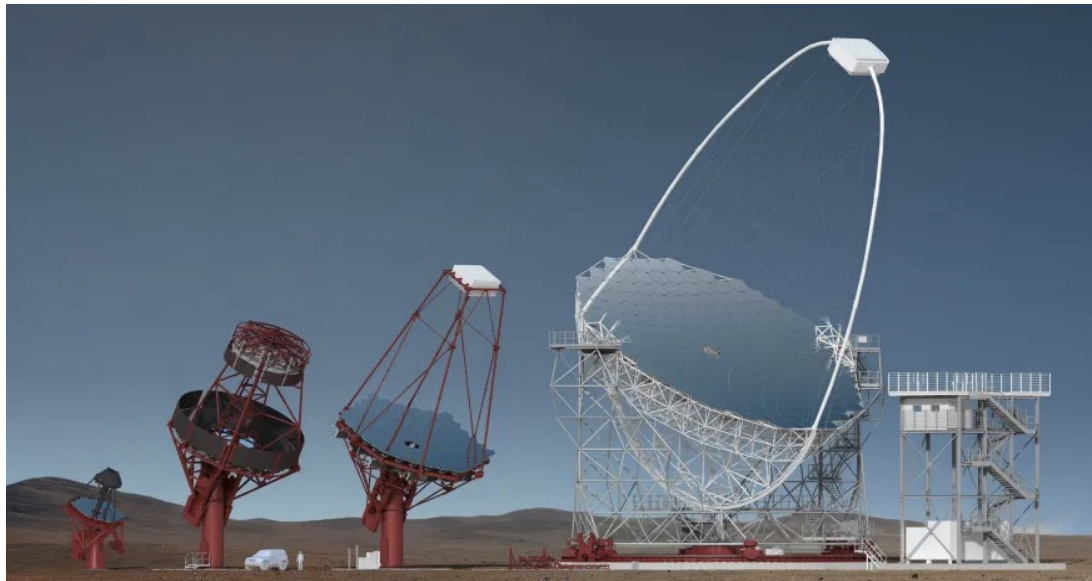
Gás intergaláctico com T da ordem de 100 milhões de k.



Cherenkov Telescope Array (CTA), que terá mais de 100 telescópios de vários tamanhos ligados em rede, alguns com 23 m de diâmetro.

Objetivos Científicos: investigar buracos negros, pulsares, supernovas e surtos de radiação gama, além da composição e origem da matéria escura, os campos magnéticos do Universo, e a violação da constância da velocidade da luz, que só é possível medir-se em raios gama”. Previsão de conclusão: 2025

Desse total, 99 serão instalados nos Andes chilenos, na região do Cerro Paranal, e 19 na Ilha Canária de La Palma, na Espanha.



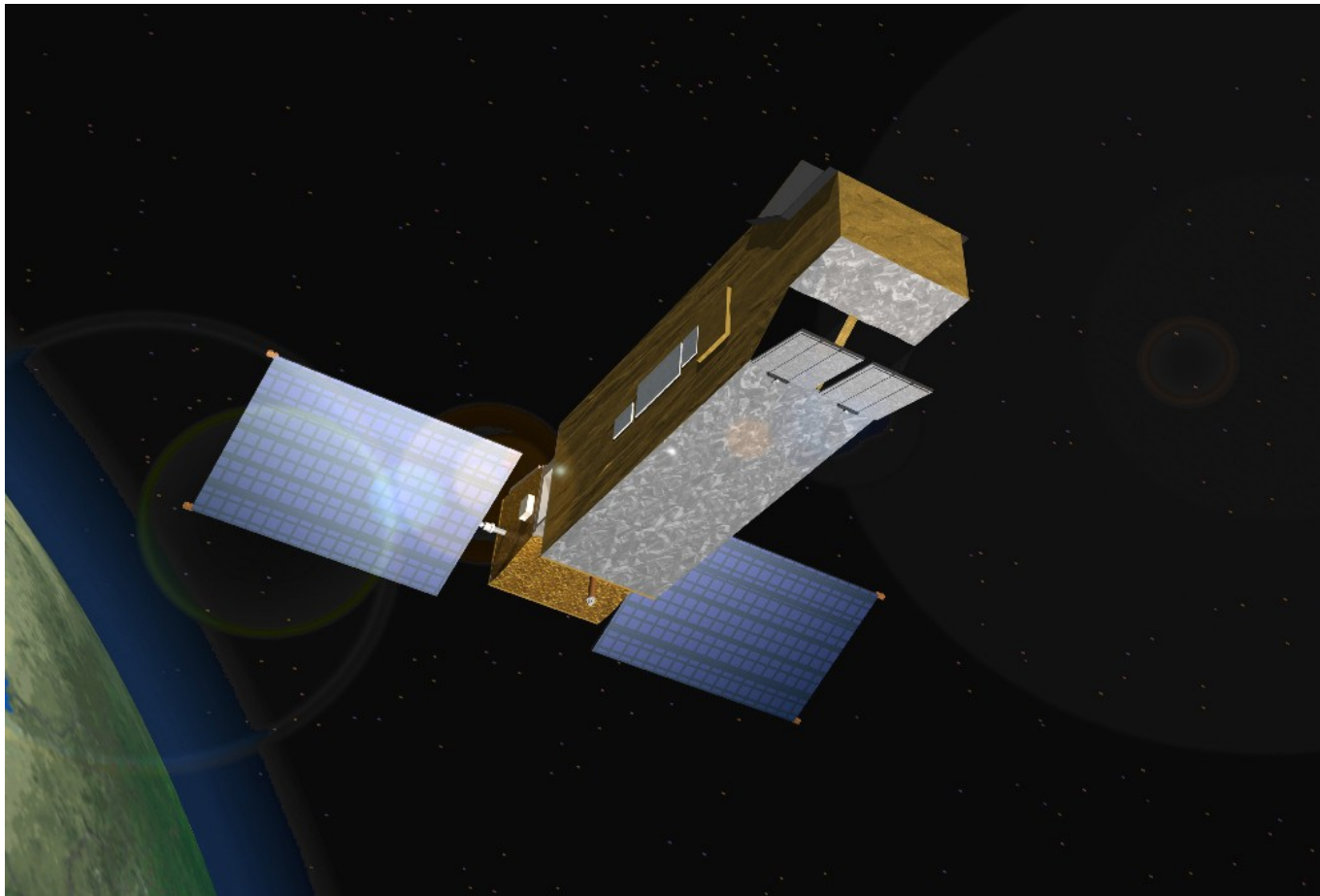
Liderança do astrofísico Luiz Vitor de Souza Filho, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, em São Carlos (IFSC-USP).



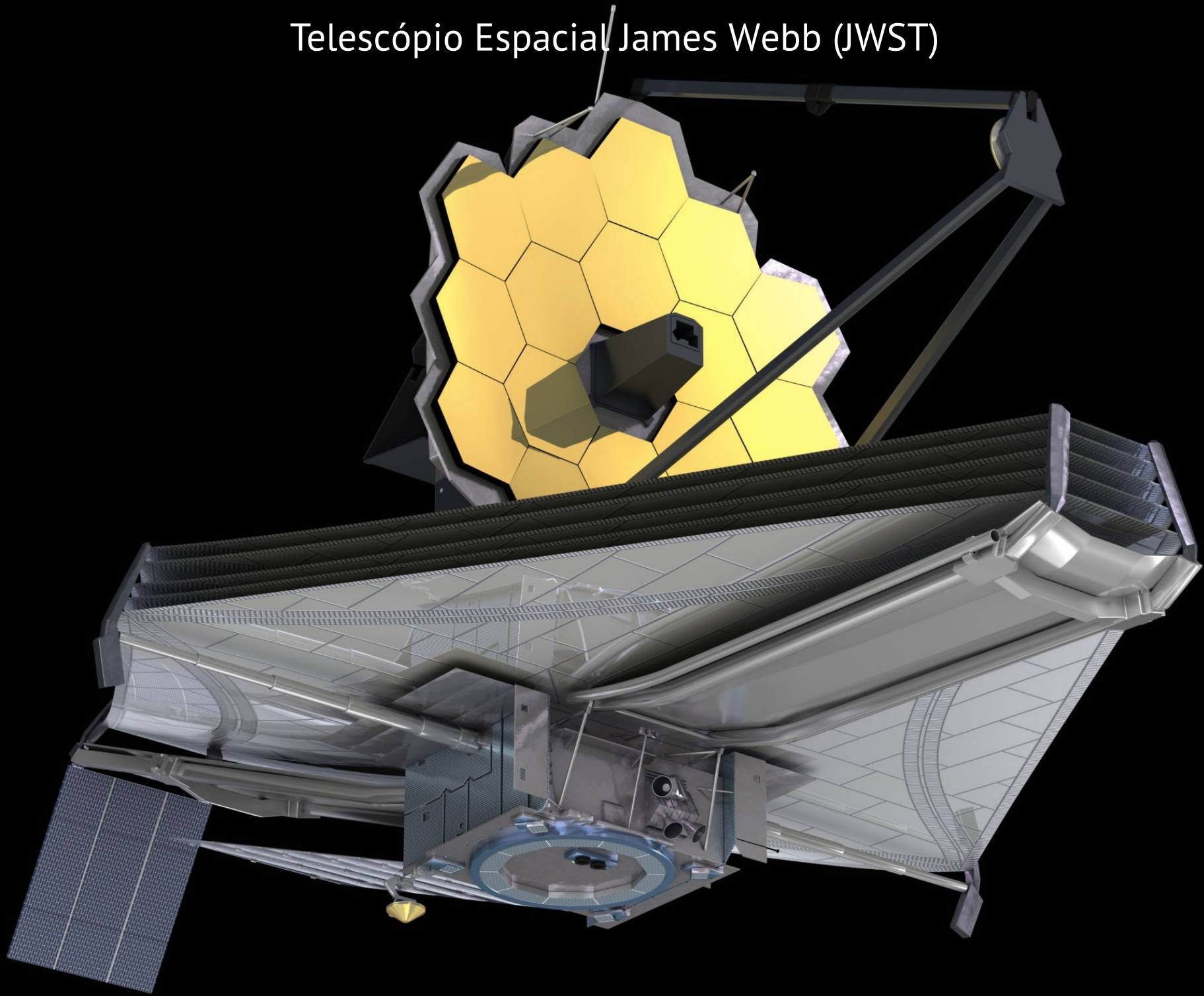
# Telescópios Ultravioleta

...espacial devido a radiação não penetrar na atmosfera

...explora fontes de altas energias



# Telescópio Espacial James Webb (JWST)



# O telescópio espacial James Webb

O sucessor do Hubble captou imagens sem precedentes

## OBJETIVOS DA MISSÃO (10 ANOS)

- Estudar outros sistemas planetários e buscar rastros de vida
- Observar a formação e a evolução das estrelas e galáxias
- Buscar as galáxias formadas durante o início do universo

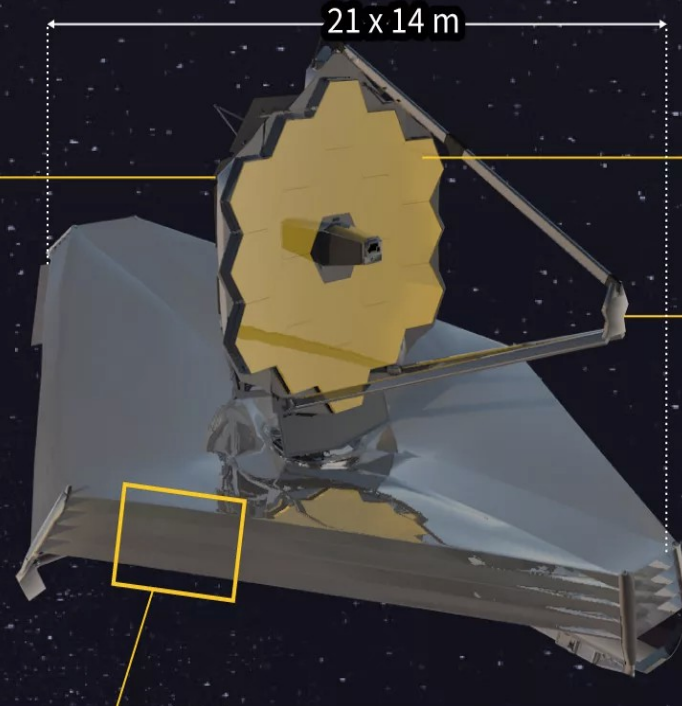
**LANÇADO** em 25/dez./2021

**ABRIU** completamente seu **ESCUDO TÉRMICO** em 4 de janeiro de 2022

Em **ÓRBITA ESTÁVEL** desde 24 de janeiro

**Instrumentos:**  
câmeras  
e espectrógrafos

que precisam de temperaturas muito baixas para funcionar



**Espelho primário**

Diâmetro: 6,5 m  
18 segmentos

**Espelho secundário**

0,74 m

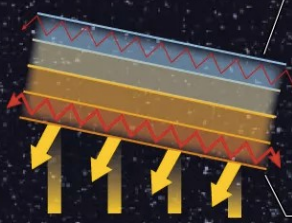
**Peso**

6,2 toneladas

## ESCUDO TÉRMICO

5 camadas de 0,05 a 0,025 mm de espessura

**Camada interna**  
-235 °C



**Camada externa**  
125 °C

Luz solar

## ÓRBITA

Em 24 de janeiro de 2022 chegou a seu ponto de observação, a cerca de 1,5 milhão de km da Terra



Terra

Lua

Órbita do James Webb

Sol

Sem escala

Integrated Science  
Instrument Module  
ISIM

Optical Telescope Element  
OTE

Primary Mirror

Secondary Mirror

Sunshield

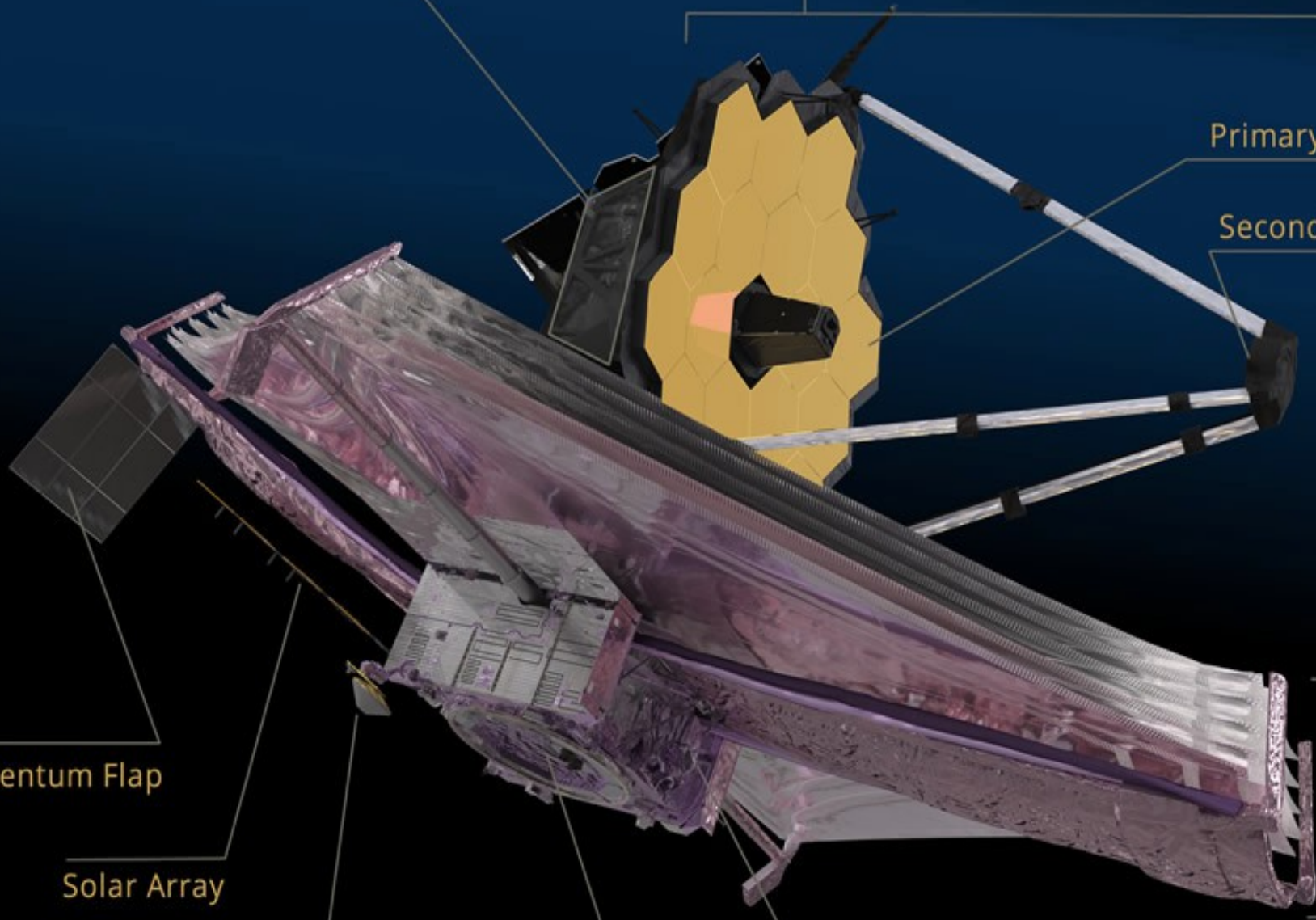
Momentum Flap

Solar Array

Earth-pointing Antenna

Spacecraft Bus

Star Trackers



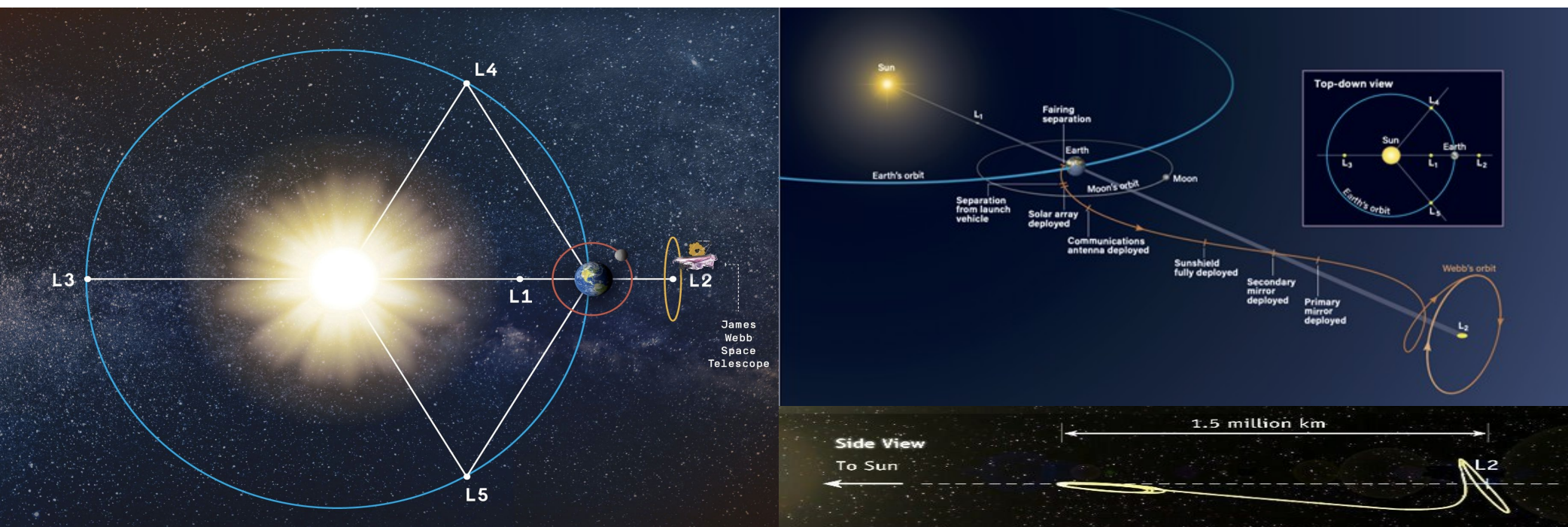
Projeto idealizado em parceria com as agências da Nasa, Esa (Européia) e CSA (Canadense)

Custo: 10 bilhões de dólares

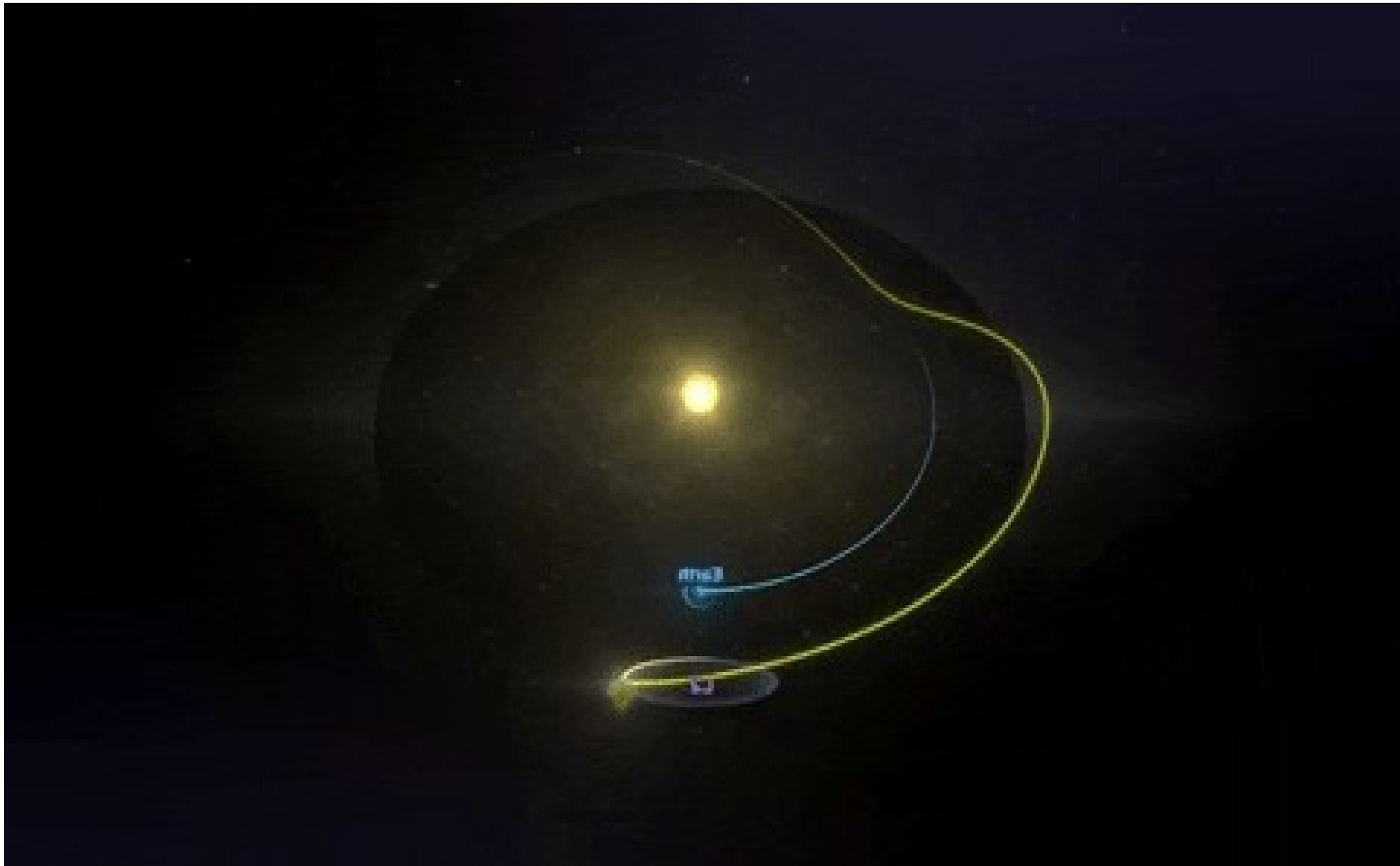
Não é só um telescópio de última geração. Trata-se de um Observatório

O maior telescópio espacial do mundo, mais avançado, moderno, e com maior sensibilidade e resolução angular. Possui 18 espelhos de berílio (leve) folhado a ouro, no formato de hexagono.

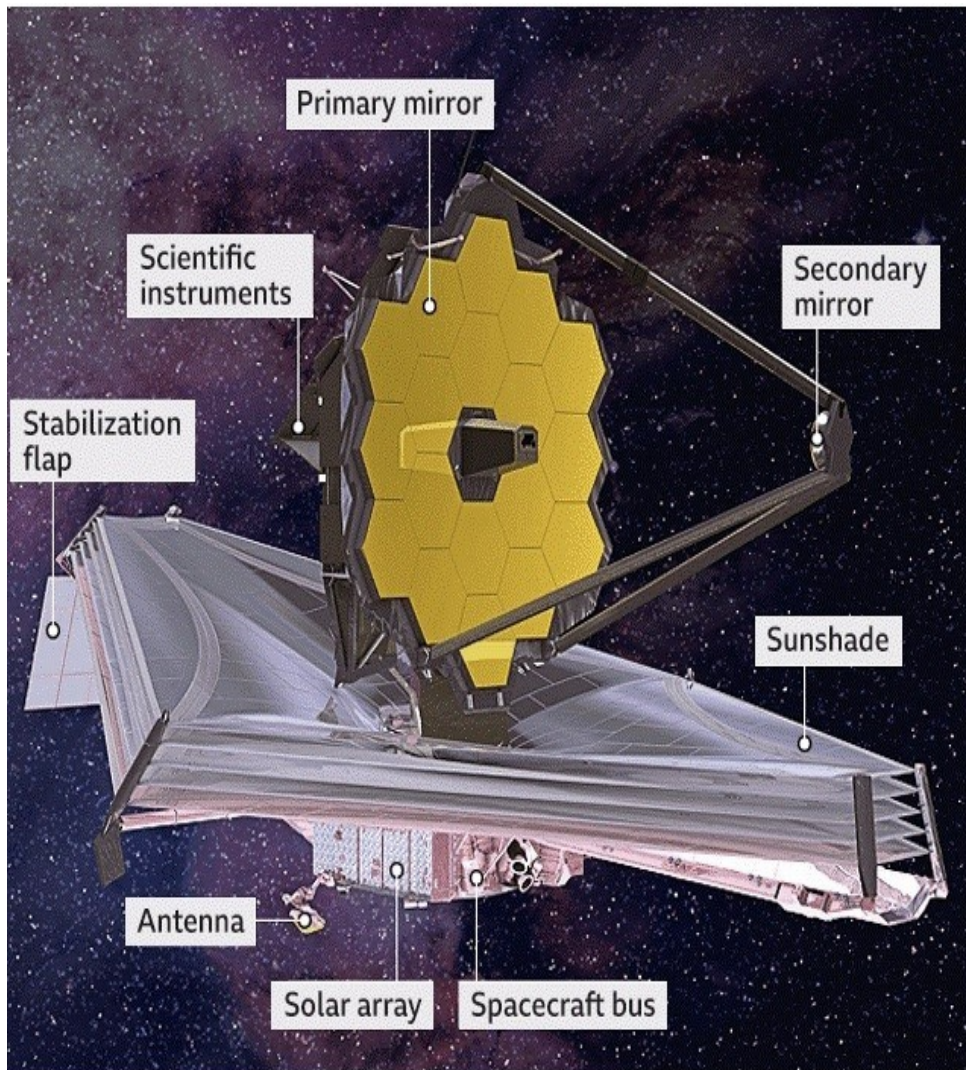
O James Webb foi lançado em 12/06/2022 após 20 anos sendo elaborado e construído, e se encontra posicionado no **ponto L2 de Lagrange**, onde pode permanecer em **órbita metaestável**, menos sujeita a efeitos de instabilidades gravitacionais devido a presença do Sol, Lua e Terra. Satélites como o Wmap, Herschel e Planck também estão posicionados no ponto L2.



# Órbita James Webb



Para alcançar os objetivos de interesse, o observatório/telescópio JW é equipado com câmeras e espectrômetros que registram sinais fracos bem como um espectrômetro que permite observar 100 objetos simultaneamente.



1. **NIRCam (Near InfraRed Camera)** is an infrared imager
2. **NIRSpec (Near InfraRed Spectrograph)** will also perform spectroscopy
3. **MIRI (Mid-InfraRed Instrument)** will measure the mid-to-long-infrared wavelength range
4. **Fine Guidance Sensor and Near Infrared Imager and Slitless Spectrograph:** is used to stabilize the line-of-sight of the observatory during science observations

**NIRCam and MIRI** feature starlight-blocking coronagraphs for observation of faint targets such as extrasolar planets and circumstellar disks very close to bright stars

**Primary Mirror:** collection of cosmic lights

**Spacecraft Bus:** hosts a multitude of computing, communication, propulsion, and structural parts

Como foi desenhado para operar no IR teve que ser colocado em uma região do espaço que sofre menos interferência do calor e orbitar em relação a Terra, Sol e Lua com os espelhos sempre voltados para o espaço (vejam o vídeo → A insana engenharia do telescópio James Webb/  
<https://www.youtube.com/watch?v=sE8rtUXuRI8>

Devido aos **objetivos científicos\***, o **JW** opera no infra-vermelho próximo e médio, comprimentos de onda sensíveis para estudos dos primeiros objetos luminosos que se formaram no Universo ainda jovem bem como estudo de estrelas e planetas que se formam em nuvens de gás e poeira, onde a luz neste comprimento de onda pode atravessar e nos dar informações relevantes.

**Objetivos científicos\***: essencialmente ter acesso e estudar as várias fases da evolução do Universo, das 1as luzes após o Big Bang até a formação do Sistema Solar e de Sistemas que “suportam” a vida em planetas.

Algumas imagens obtidas pelo JW

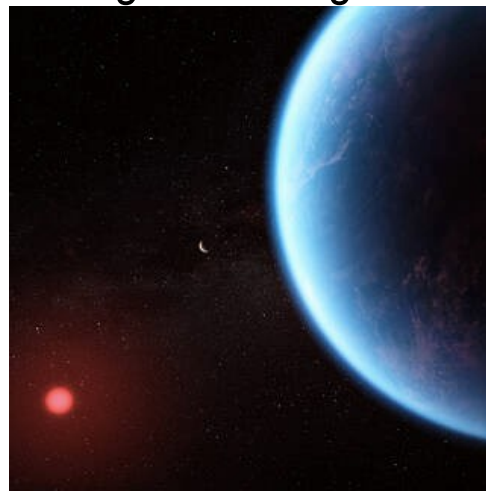
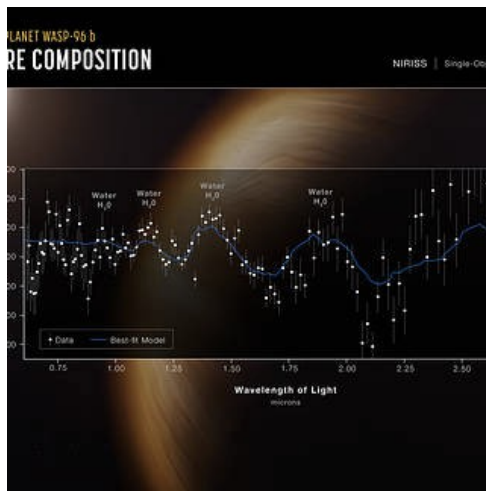


Fig 1 atmosfera de um Exoplaneta com assinatura de água; Fig.2 - Exoplaneta K2-18 b, um exoplaneta 8,6 vezes mais massivo que a Terra, revelou a presença de moléculas contendo carbono, incluindo metano e dióxido de carbono.

Fig 3 - Nuvens moleculares, berçários de estrelas

Fig.4 -

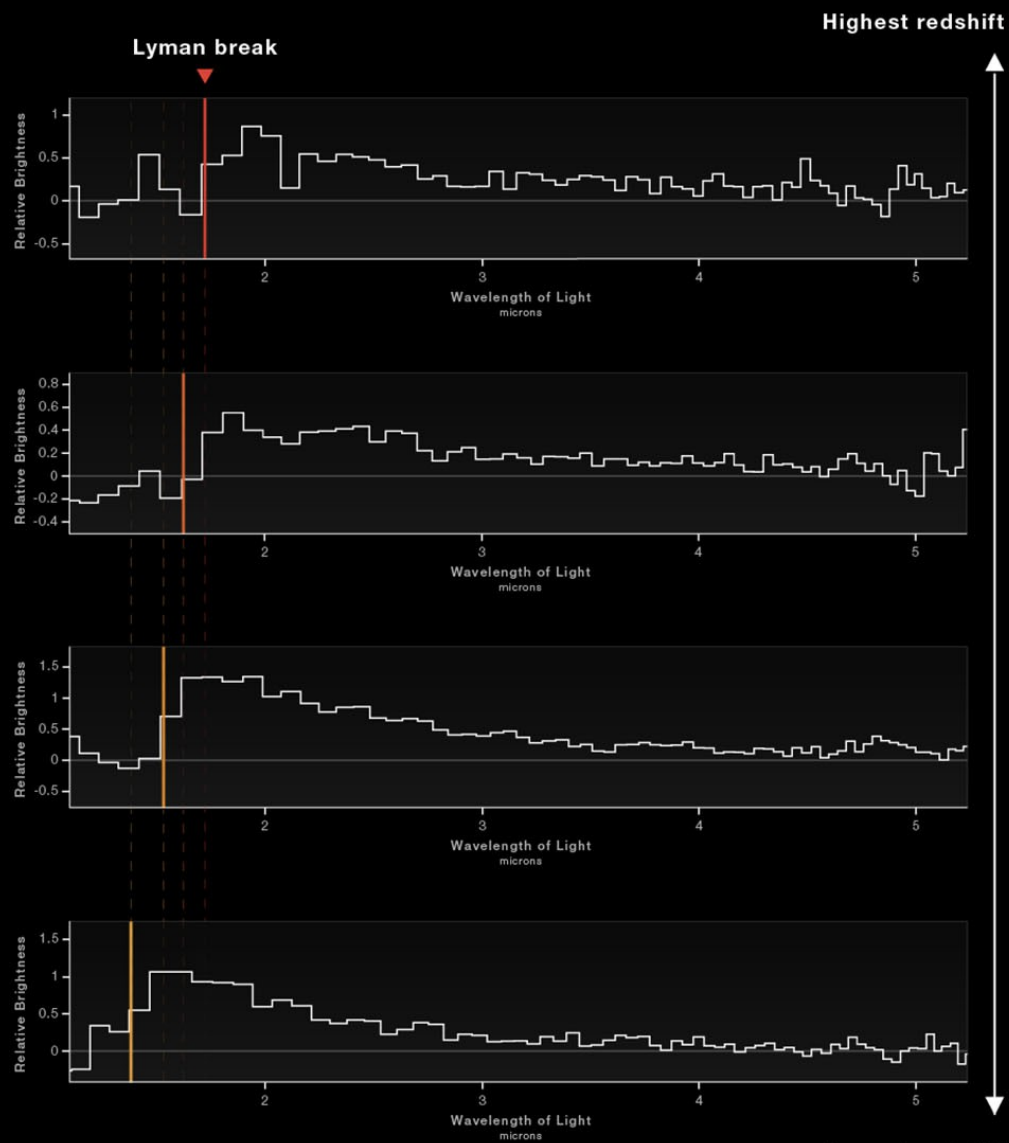
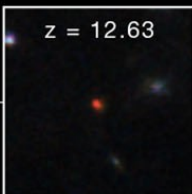


Galáxias massivas e bem estruturadas  
identificadas pelo JW  
em um  $Z$  que não se esperava?

# WEBB SPECTRA REACH NEW MILESTONE IN REDSHIFT FRONTIER

NIRCam Imaging

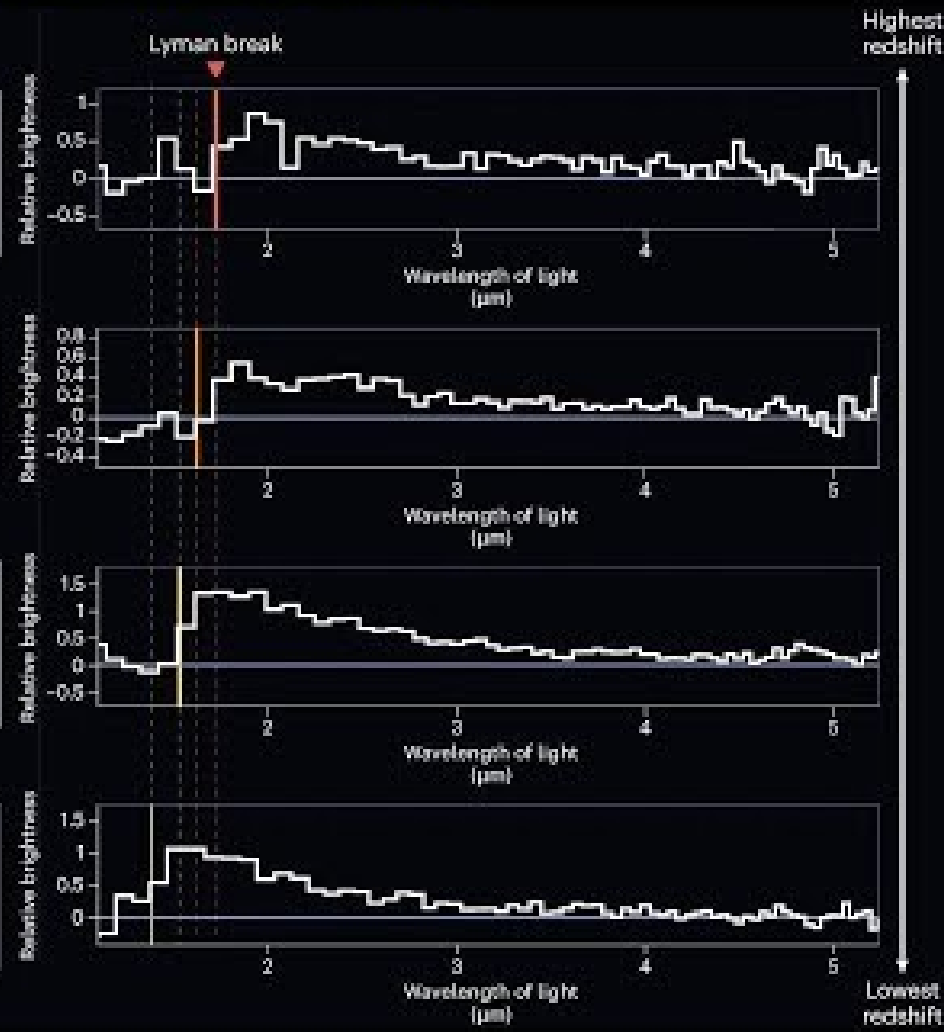
NIRSpec Microshutter Array Spectroscopy



# GAME

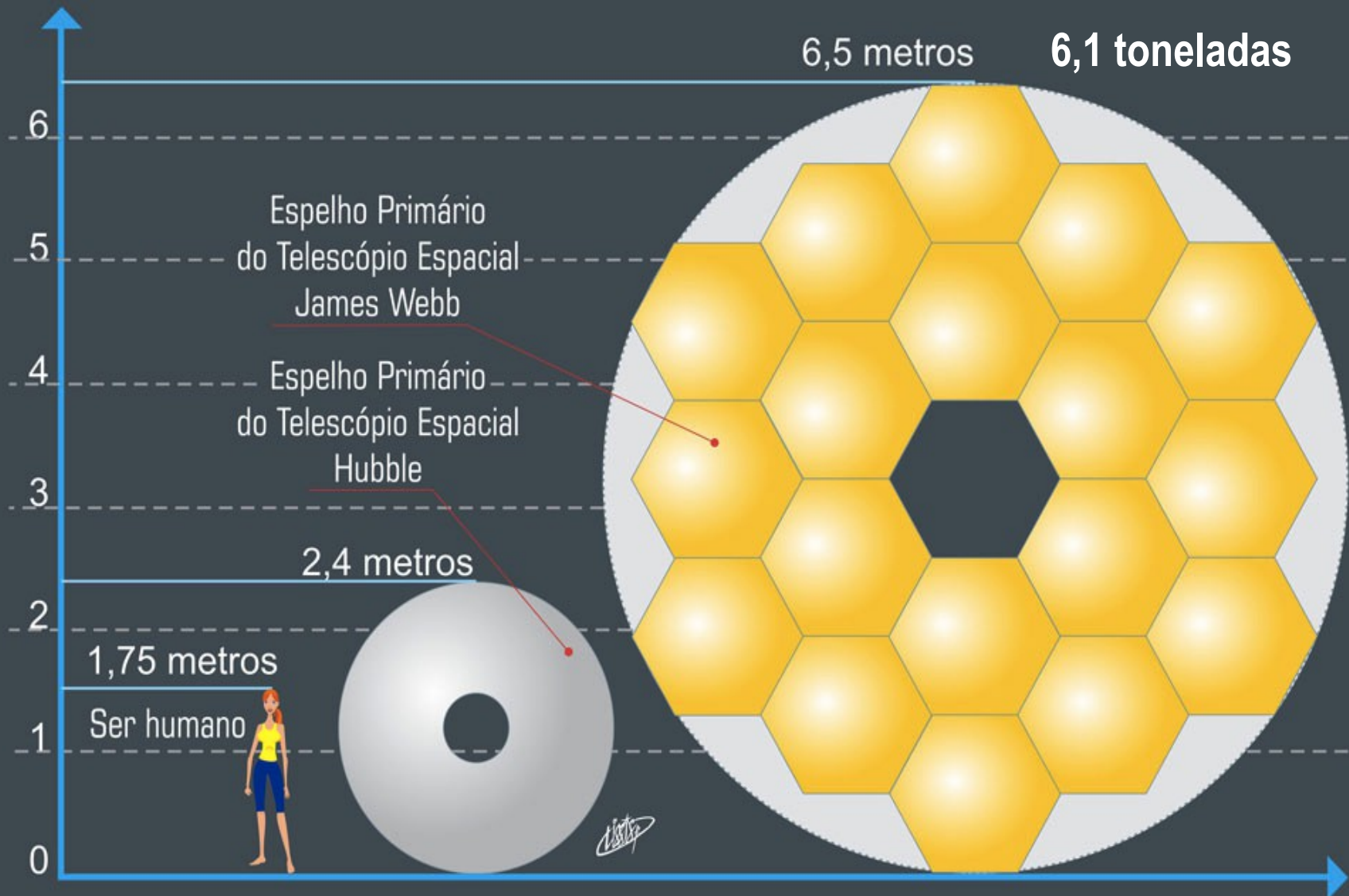
# CHANGERS

## 320 MILLION YEARS AFTER THE BIG BANG

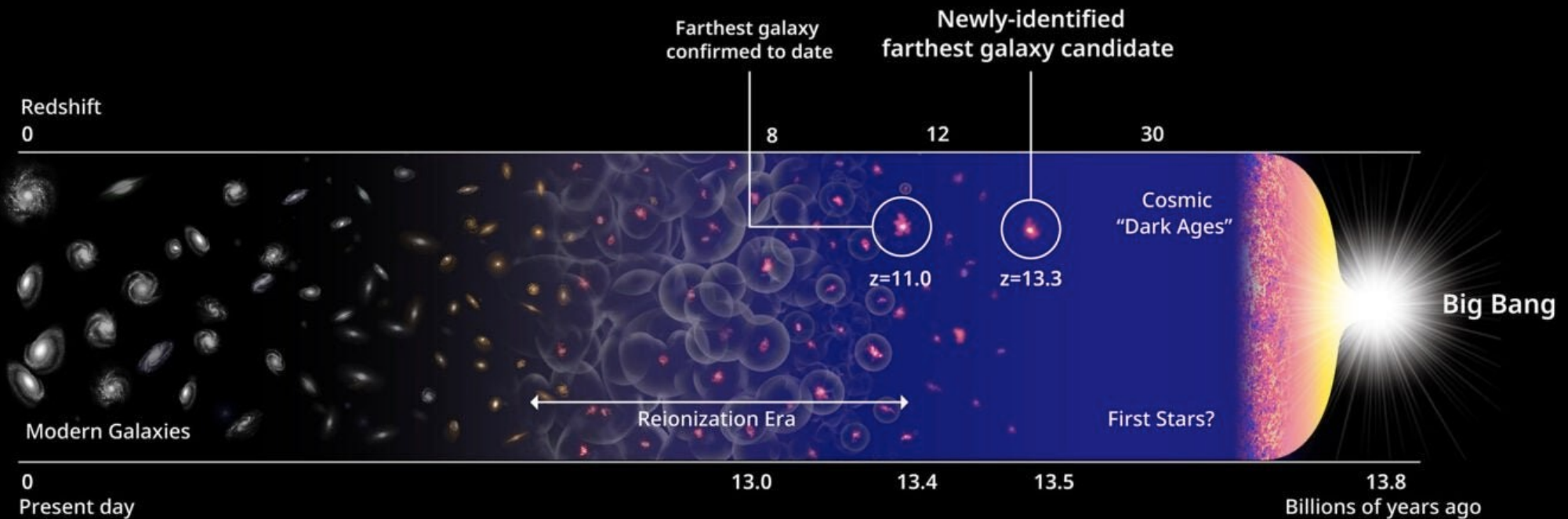
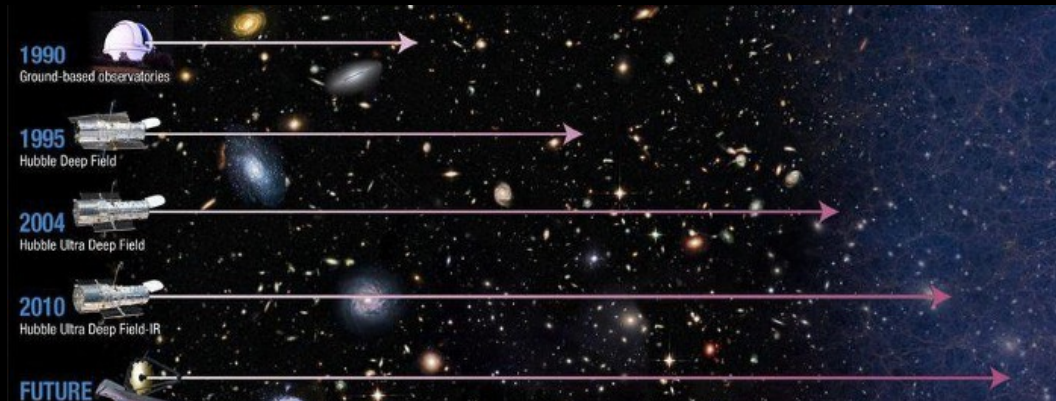


# Algumas comparações entre o telescópio espacial Hubble e o James Webb

# Comparação dos Telescópios Espaciais



# Hubble e o James Webb



O próximo tema será sobre **distância** dos astros.

Vamos ver que, apesar de não ser uma grandeza física em si, é de enorme importância pois viabiliza a obtenção de várias grandezas físicas de relevância para o entendimento da natureza e evolução de estrelas e galáxias.