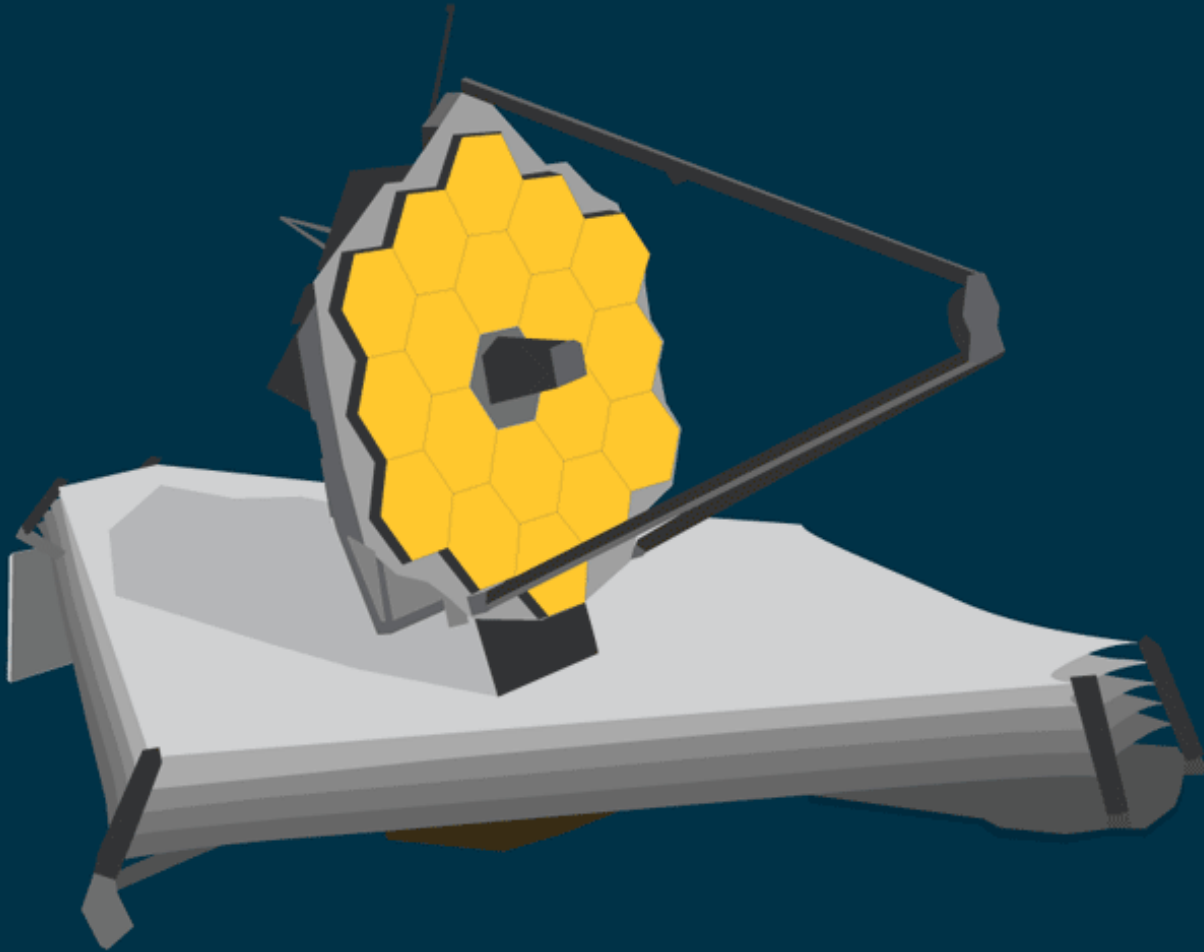


AÇÃO DE CURTA DURAÇÃO



TELESCÓPIO ESPACIAL JAMES WEBB

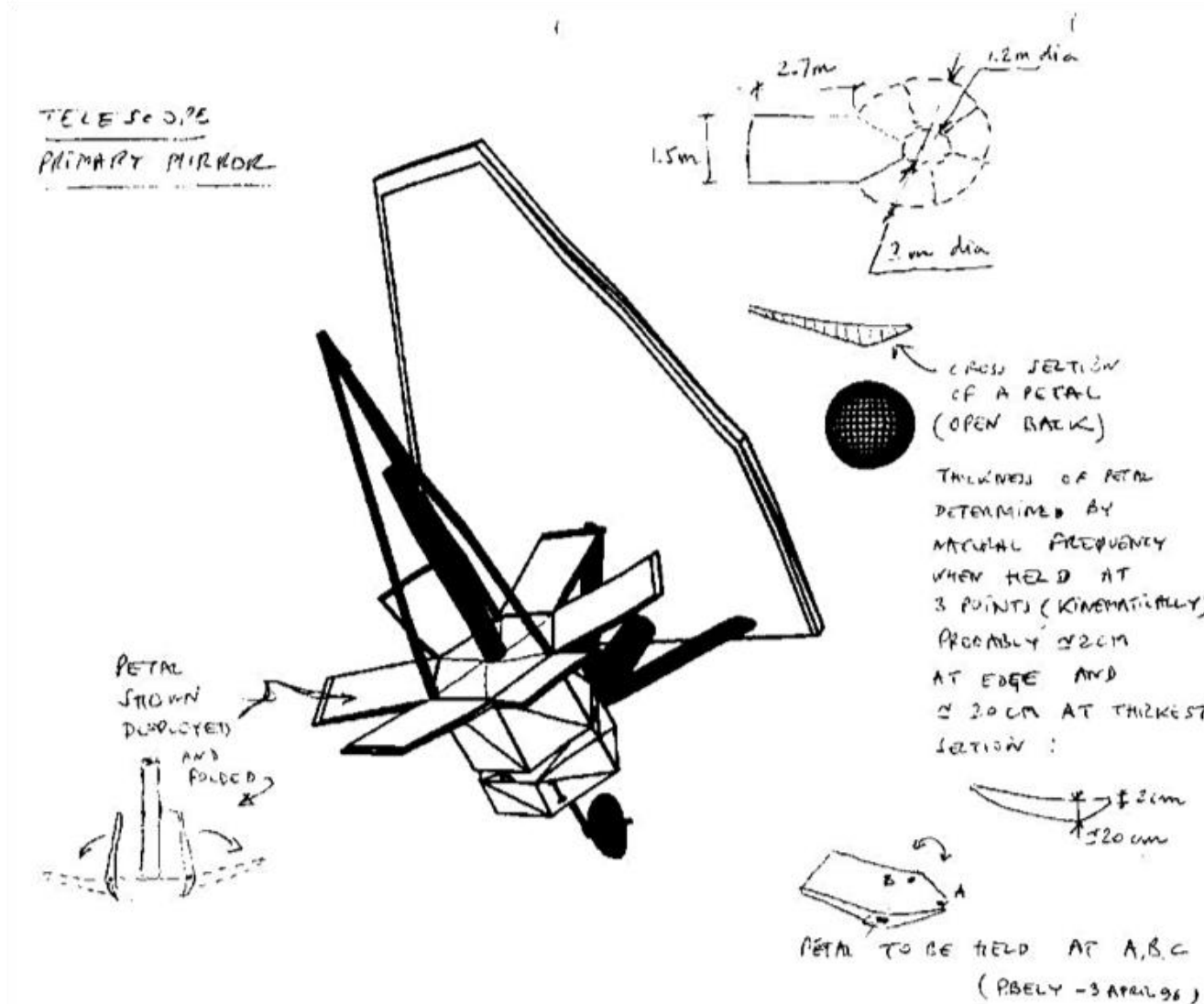
Elsa Moreira

Astrofísica e Técnica de Comunicação do PP-CCV



O início

O futuro começou a ser desenhado em 1996 num simples guardanapo...



P. Bèly, GSFC, 1996

https://www.youtube.com/watch?v=YF22Ba-xrk8&ab_channel=JamesWebbSpaceTelescope%28JWST%29

Porquê James Webb?

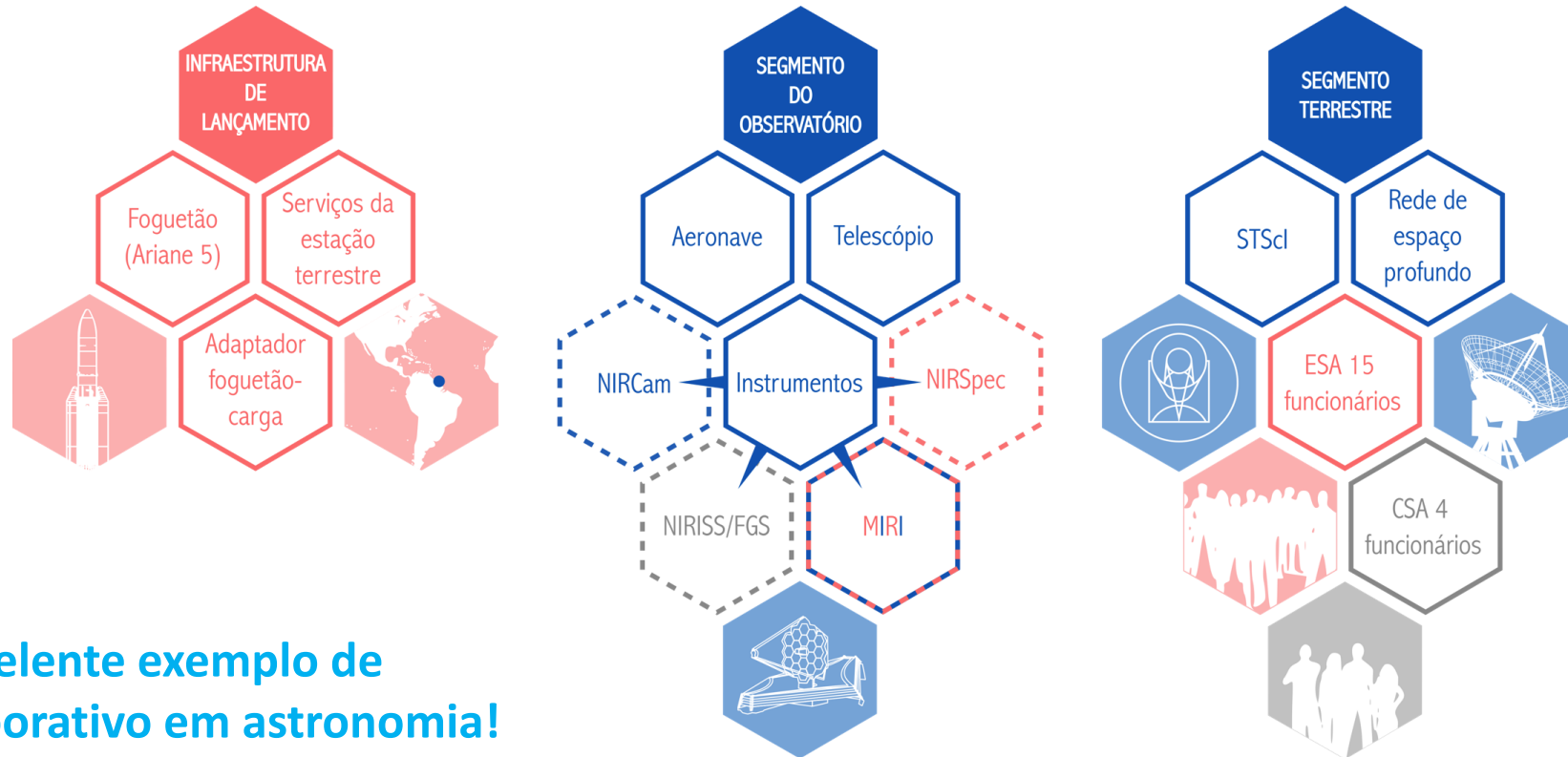
James Edwin Webb

(7 Outubro 1906 – 27 Março 1992)

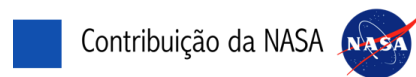
- Segundo administrador da NASA 1961 – 1968
- Grande força motriz do programa Apollo



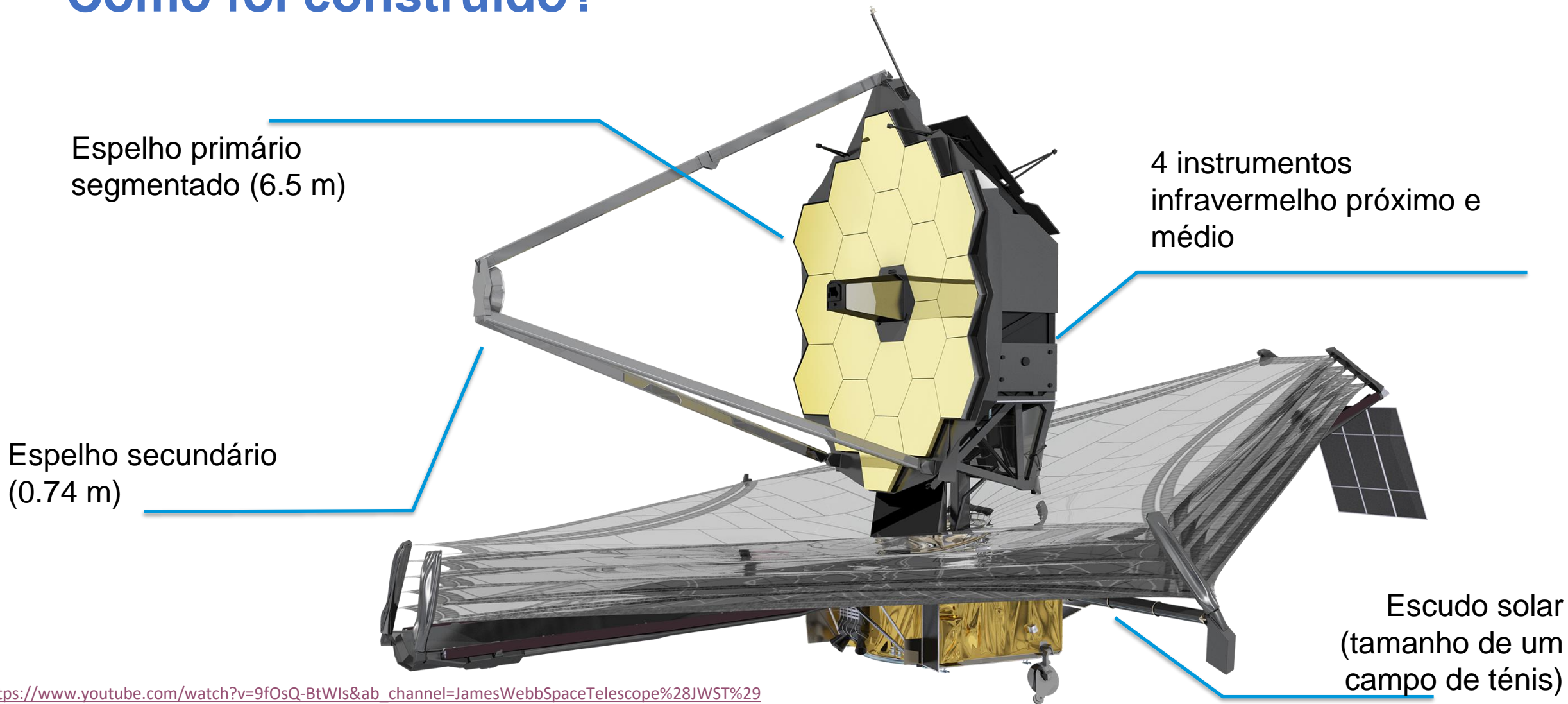
Contribuição da ESA e da Europa



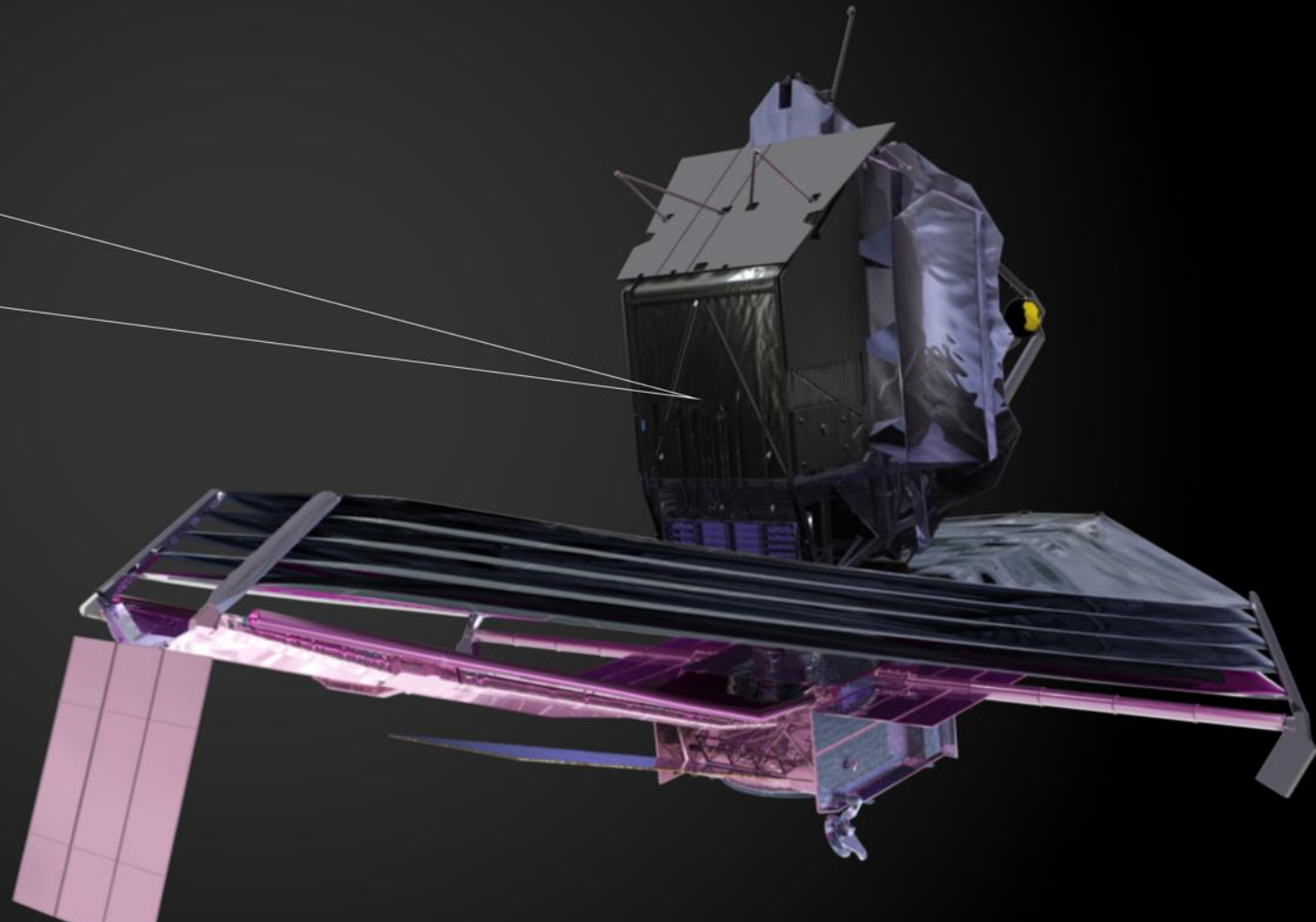
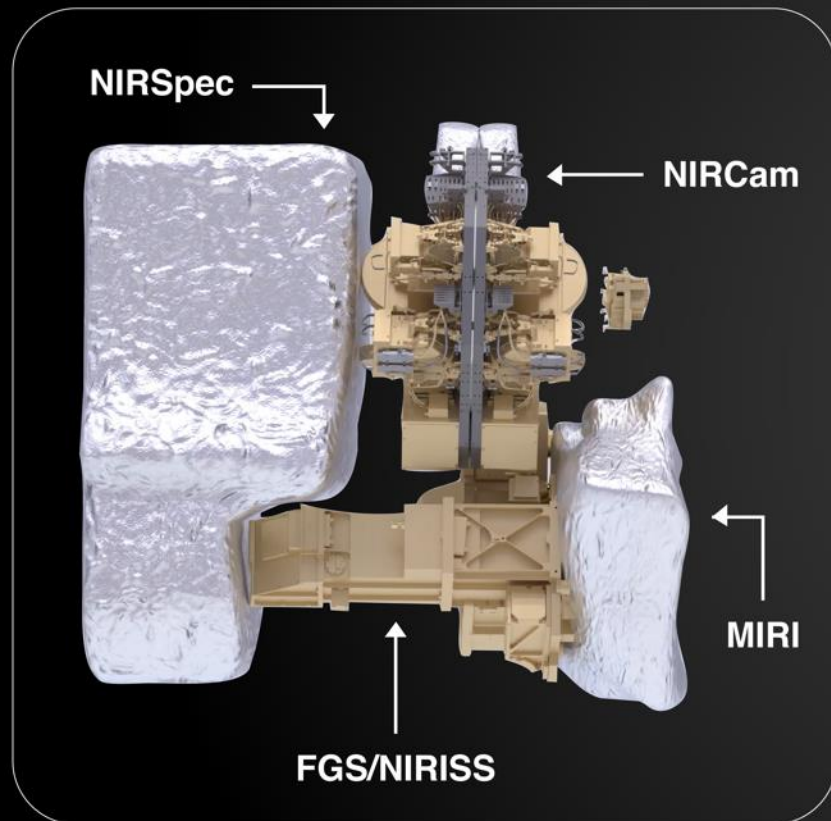
(Mais um) Excelente exemplo de trabalho colaborativo em astronomia!



Como foi construído?



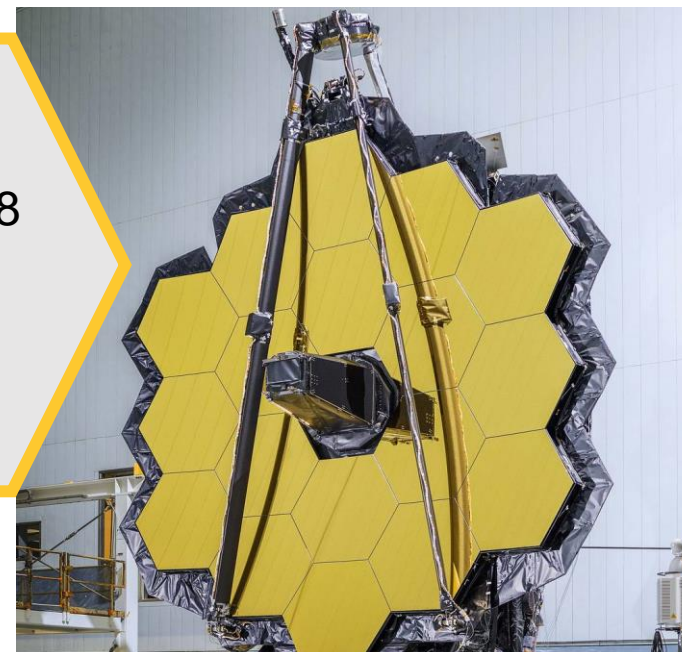
Como foi construído? Os instrumentos científicos



Como foi construído? Os Espelhos



O espelho principal é composto por 18 segmentos hexagonais revestidos de ouro.



O Webb foi revestido de ouro dada a grande capacidade de refletir luz infravermelha por parte deste material e a sua extrema irreatividade.

Os materiais utilizados para o espaço têm de satisfazer vários requisitos importantes: **ATIVIDADE *SPACECRAFT MATERIALS***.



Como foi construído? O Escudo solar



O escudo solar é desdobrável e tem as dimensões 22 x 10 metros.

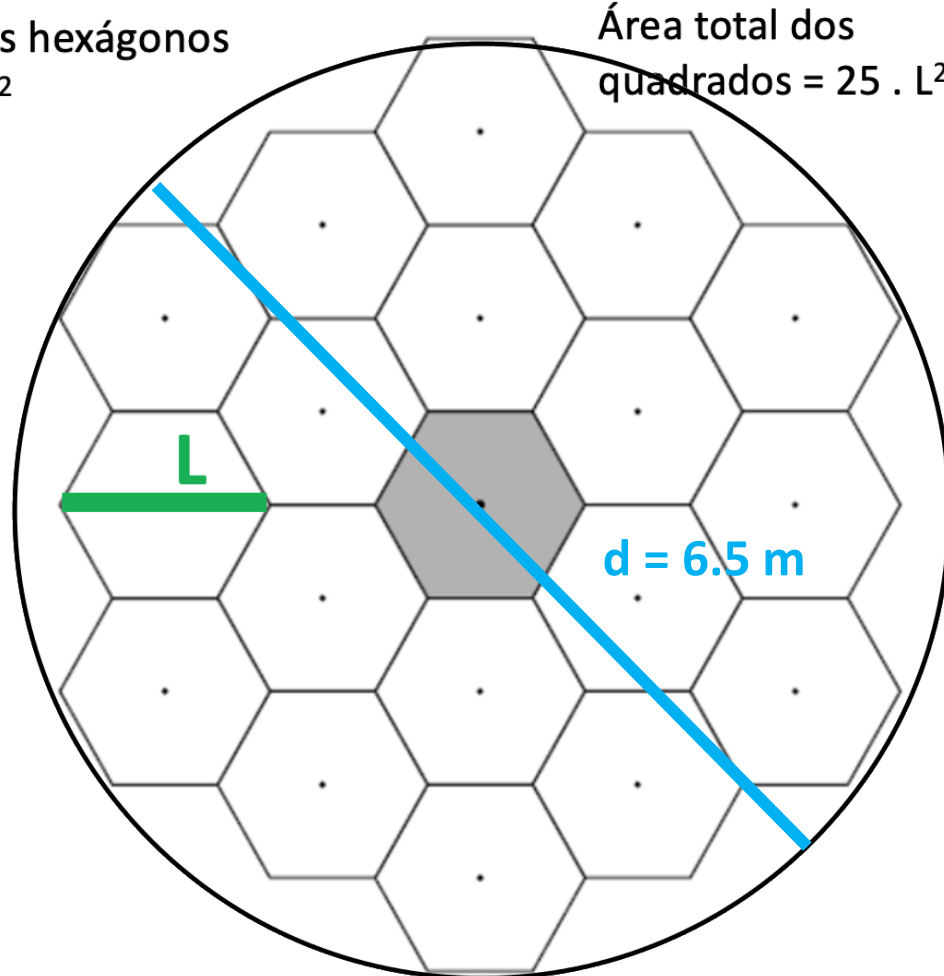


Atenção à
escala!

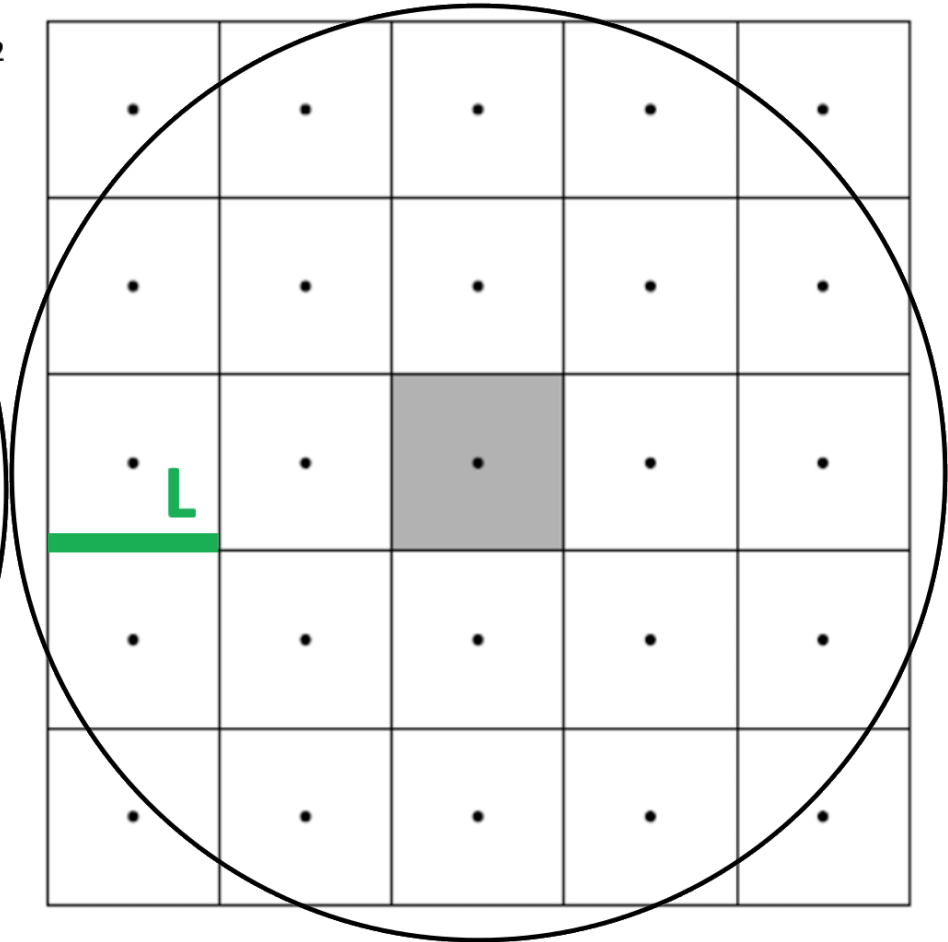


Questão-problema 1: Qual o formato de espelho mais adequado para construir um telescópio espacial?

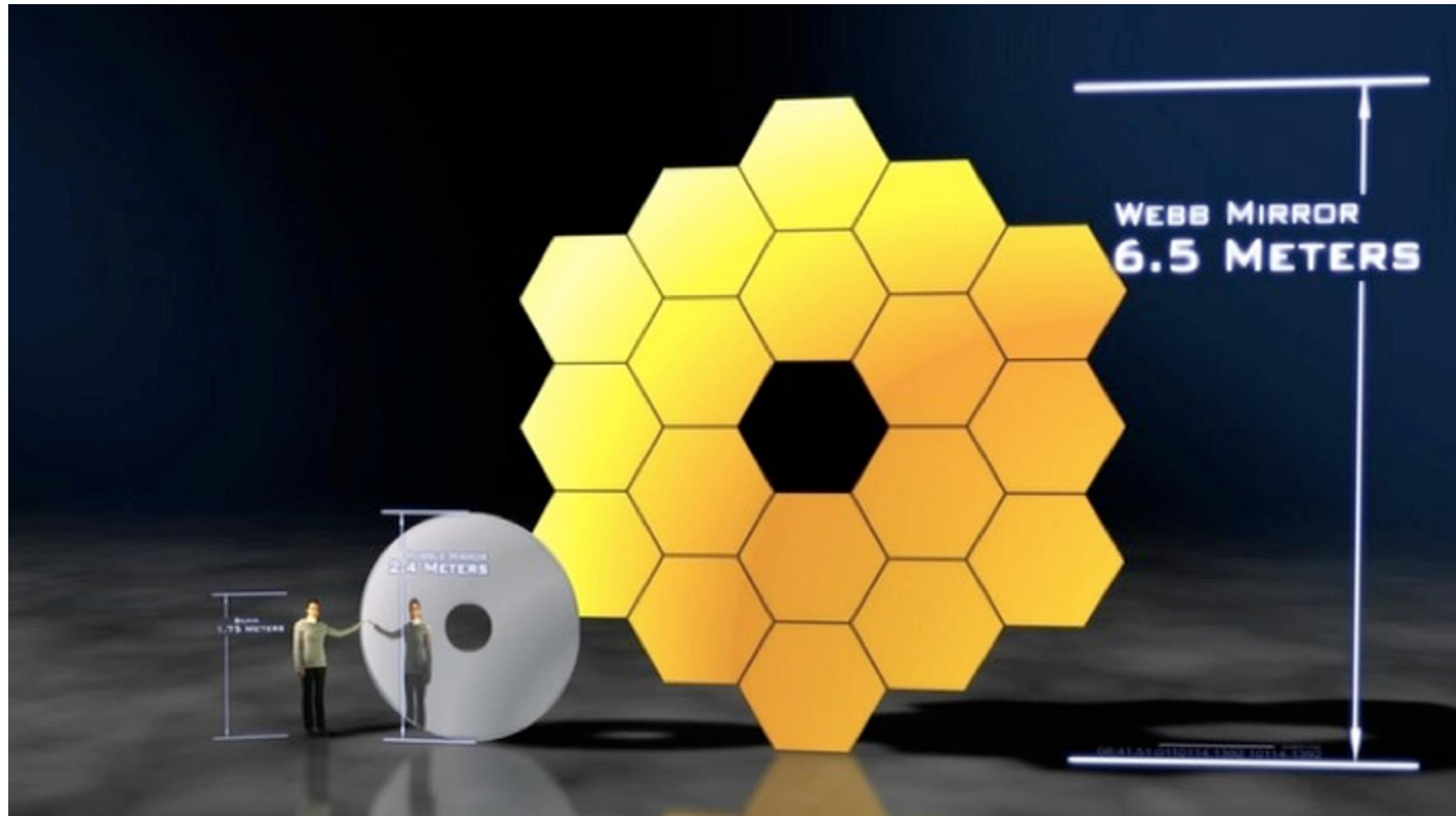
Área total dos hexágonos
 $= 27 \cdot \sqrt{3}/2 \cdot L^2$



Área total dos quadrados
 $= 25 \cdot L^2$

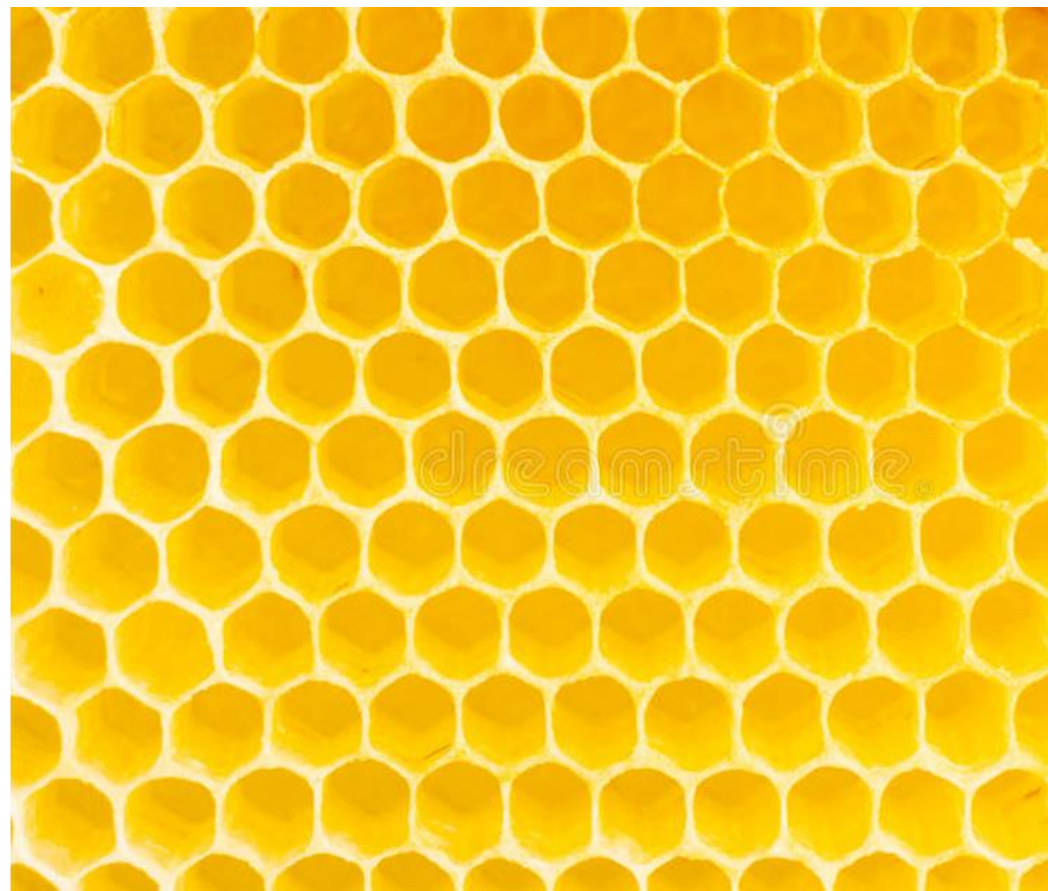
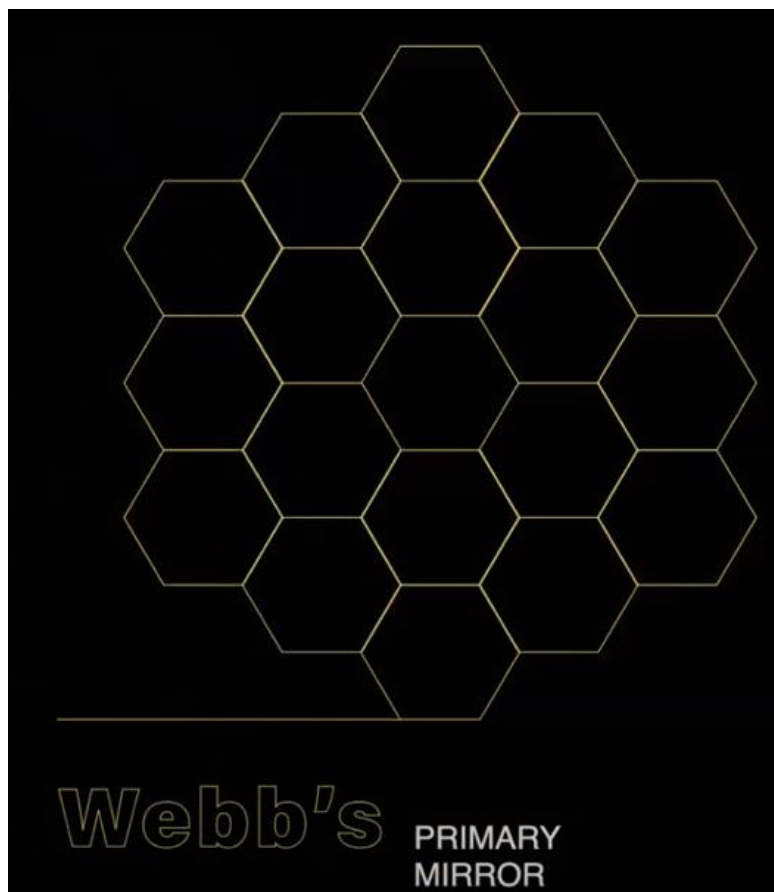


Outras vantagens dos hexágonos: Menos espelhos => Menor custo nos materiais => Mais fácil de caber no Ariane 5. A estrutura hexagonal é mais parecida com a circular => Melhor cobertura do céu.



Espelho primário do Webb em forma de colmeia

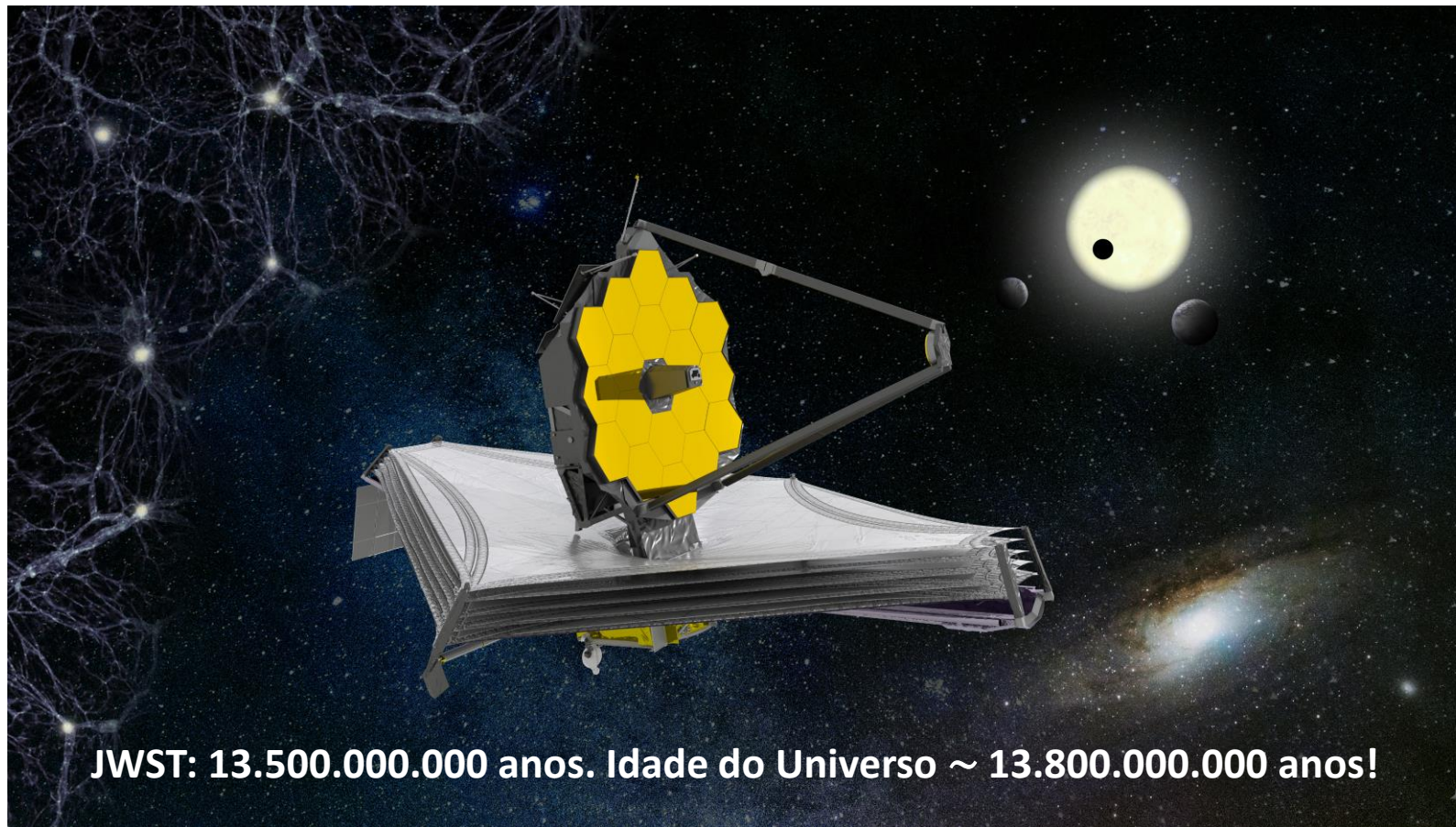
Conclusão: As abelhas têm razão!



https://www.youtube.com/watch?v=RzGLKQ7_KZQ&ab_channel=JamesWebbSpaceTelescope%28JWST%29

Links úteis

O que precisamos de saber? Ver aqui, na sua [página oficial](#).



[Vídeo](#) introdutório (em [Learn About the Universe with the JWST](#))

[Versão longa](#) do vídeo anterior comentada por cientistas

[Página da ESA dedicada ao JWST](#)

[JWST STEM Toolkit da NASA](#)



Olhar para muito longe = Observar o passado

YOU ARE HERE

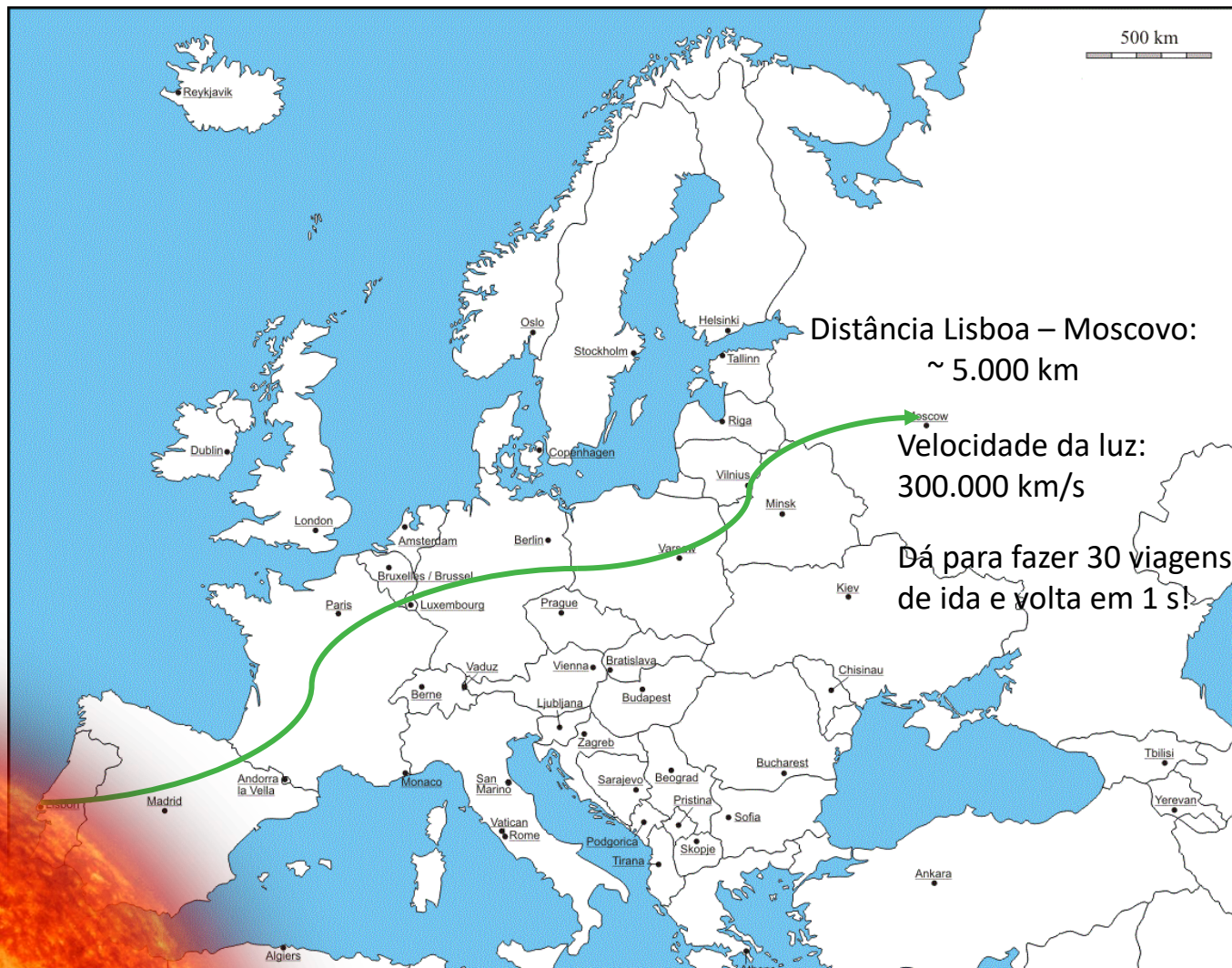


150.000.000 km



A luz chega em 8 min!

Distância = 8 min-luz = 1 U.A.



Consequências

As estrelas que vemos neste momento no céu estarão realmente lá?

1.º - Temos de tirar as que já morreram (mas que ainda são visíveis)

Consequências

As estrelas que vemos neste momento no céu estarão realmente lá?

- 1.º - Temos de tirar as que já morreram (mas que ainda são visíveis)
- 2.º - Temos de juntar as que já nasceram (mas que ainda não se vêem)

Conclusão: A maior parte das estrelas estão tão distantes de nós que se torna impossível vê-las todas no mesmo instante.

PILARES DA CRIAÇÃO

7.000 anos-luz de distância

Há 6.000 anos deixaram de existir...

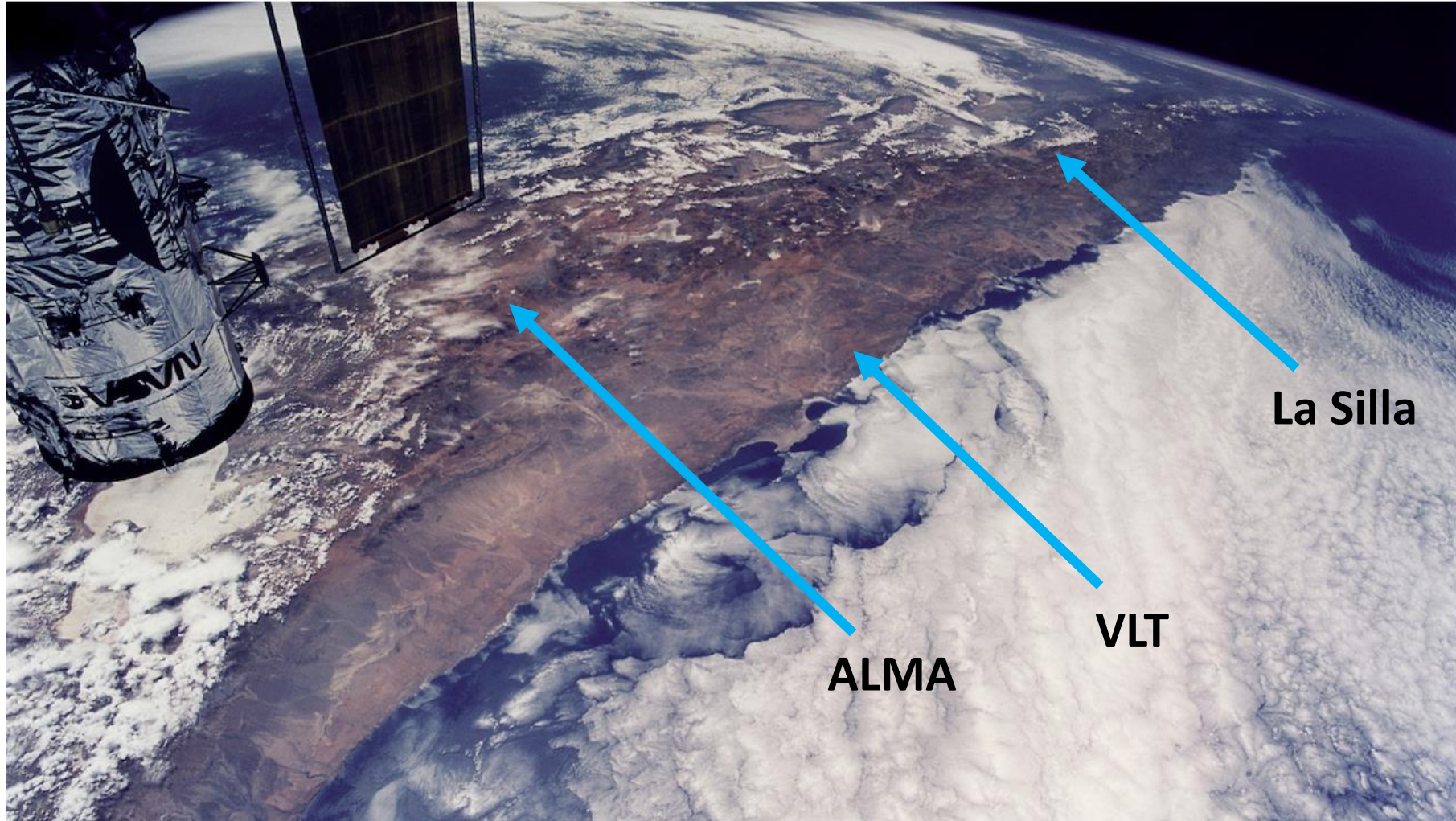
Mas nós ainda fomos a tempo de as ver!

Ao combinar imagens dos Pilares da Criação de duas câmeras a bordo do Telescópio Espacial James Webb da NASA, o universo apresenta-se aqui na sua glória infravermelha. A imagem de infravermelho próximo (NIRCam) foi fundida com a imagem de infravermelho médio (MIRI), revelando novos detalhes nesta região de formação de estrelas.

28/10/2022



Questão-problema 2: **Porquê telescópios grandes no Espaço?**

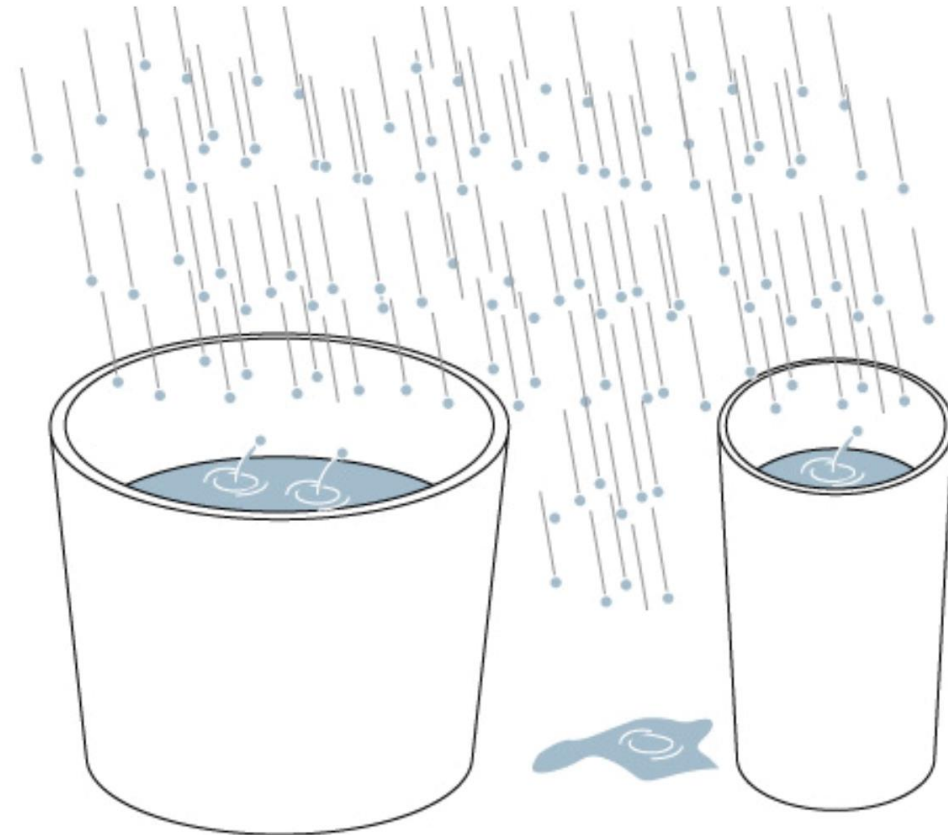


Questão-problema 2a: **Porquê um telescópio grande?**

Quanto maior o balde, mais chuva ele capta. Os baldes representam os telescópios e a chuva representa a luz.

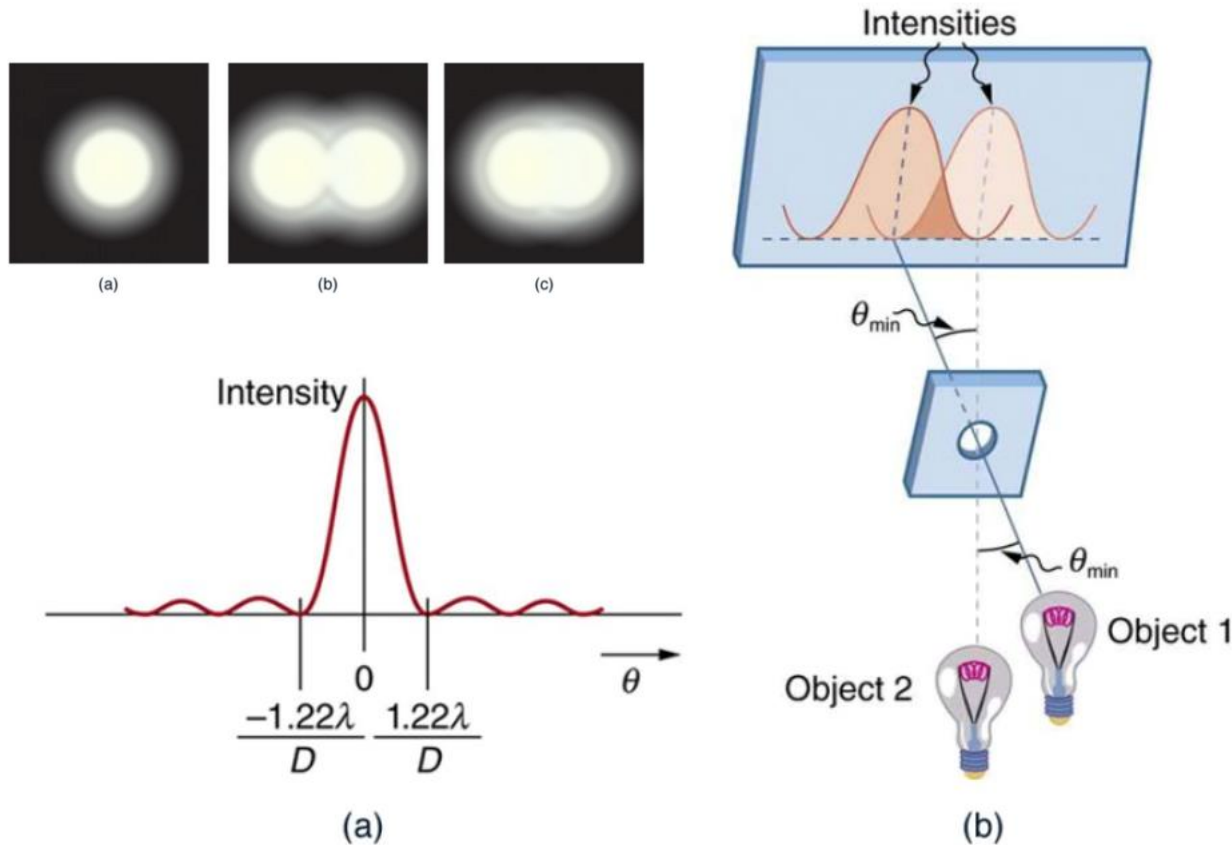
A quantidade de água que entra no balde é diretamente proporcional a R^2 .

Os telescópios são colectores de luz!



perseshow.wordpress.com

Questão-problema 2a: **Porquê um telescópio grande?**



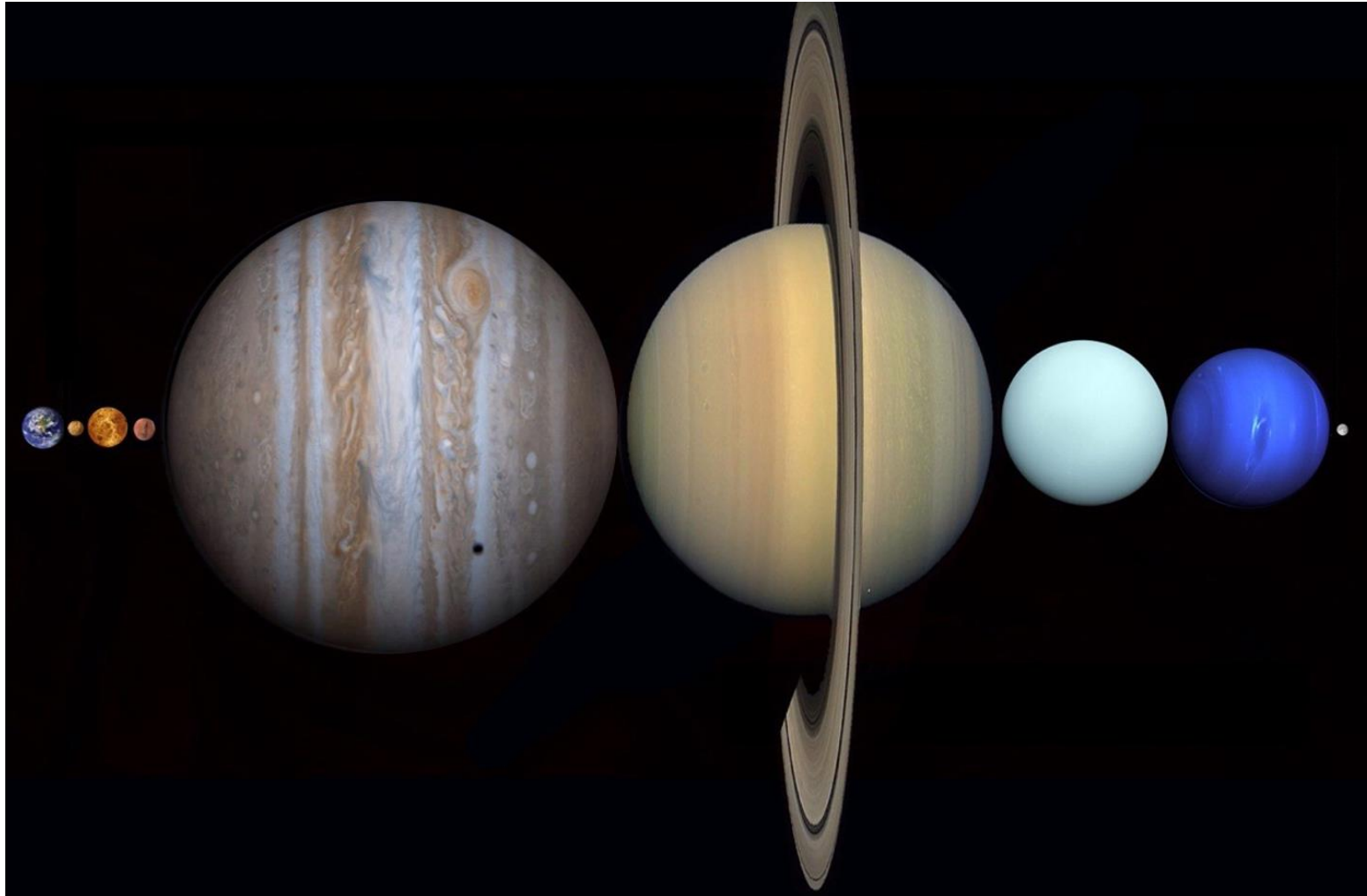
Com múltiplas fontes, os padrões de difração sobrepõem-se.

O ângulo mínimo que o telescópio nos permite distinguir (ou resolver) é chamado de **ângulo de resolução**:

$$\theta_{min} = 1.22 \times \lambda / D$$

Quanto maior fôr o diâmetro do telescópio, menor é o ângulo que ele permite resolver.

Será que conseguimos ver a bandeira na Lua?



Será que conseguimos ver a bandeira na Lua? Ainda não...

Dados para resolver o problema:

Distância da Terra à Lua $\approx 384.000.000$ m

Largura da bandeira ≈ 1 m (assumimos)



$$\text{tg}(\theta_{min}/2) = (D/2) / d$$

Ângulo limite de Dawes (arc sec) = $4.56 / \text{Diâmetro telescópio ótico (polegadas)}$

Missão: Calcular o ângulo de resolução θ_{min} para saber que diâmetro D teria de ter o nosso telescópio ótico.

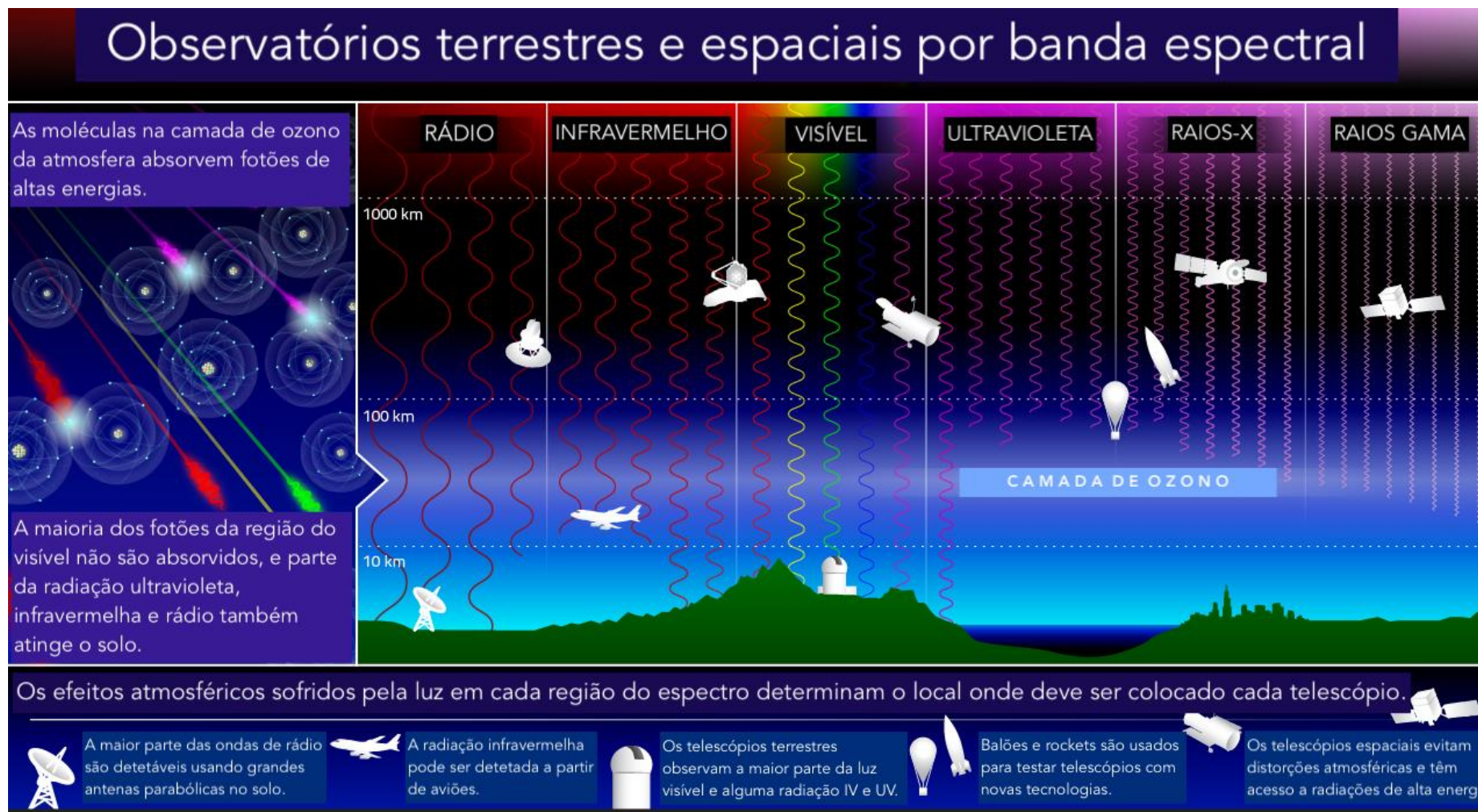
RESULTADO ≈ 230 m !!!!!



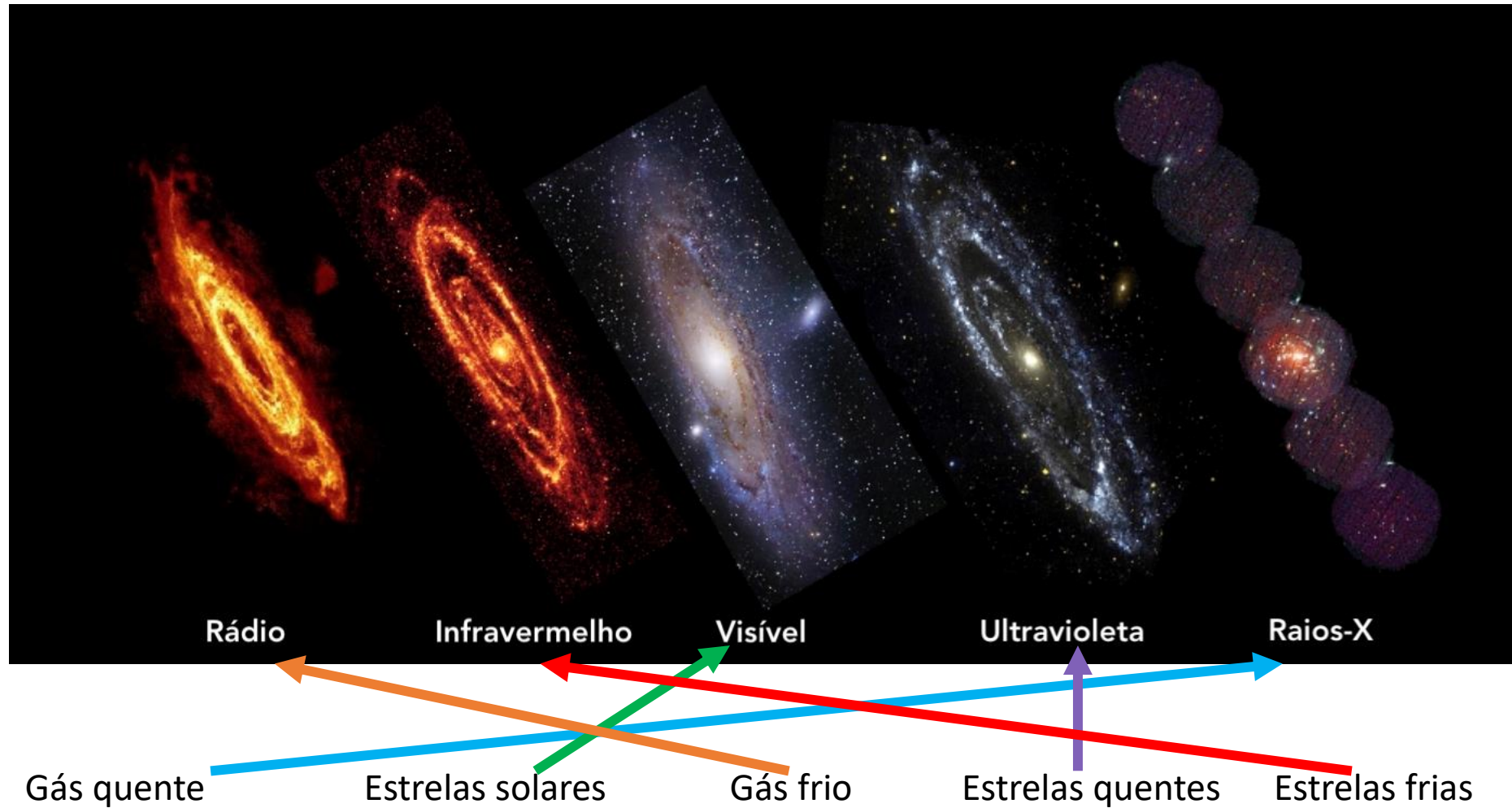
Questão-problema 2b: Porquê telescópios no Espaço?



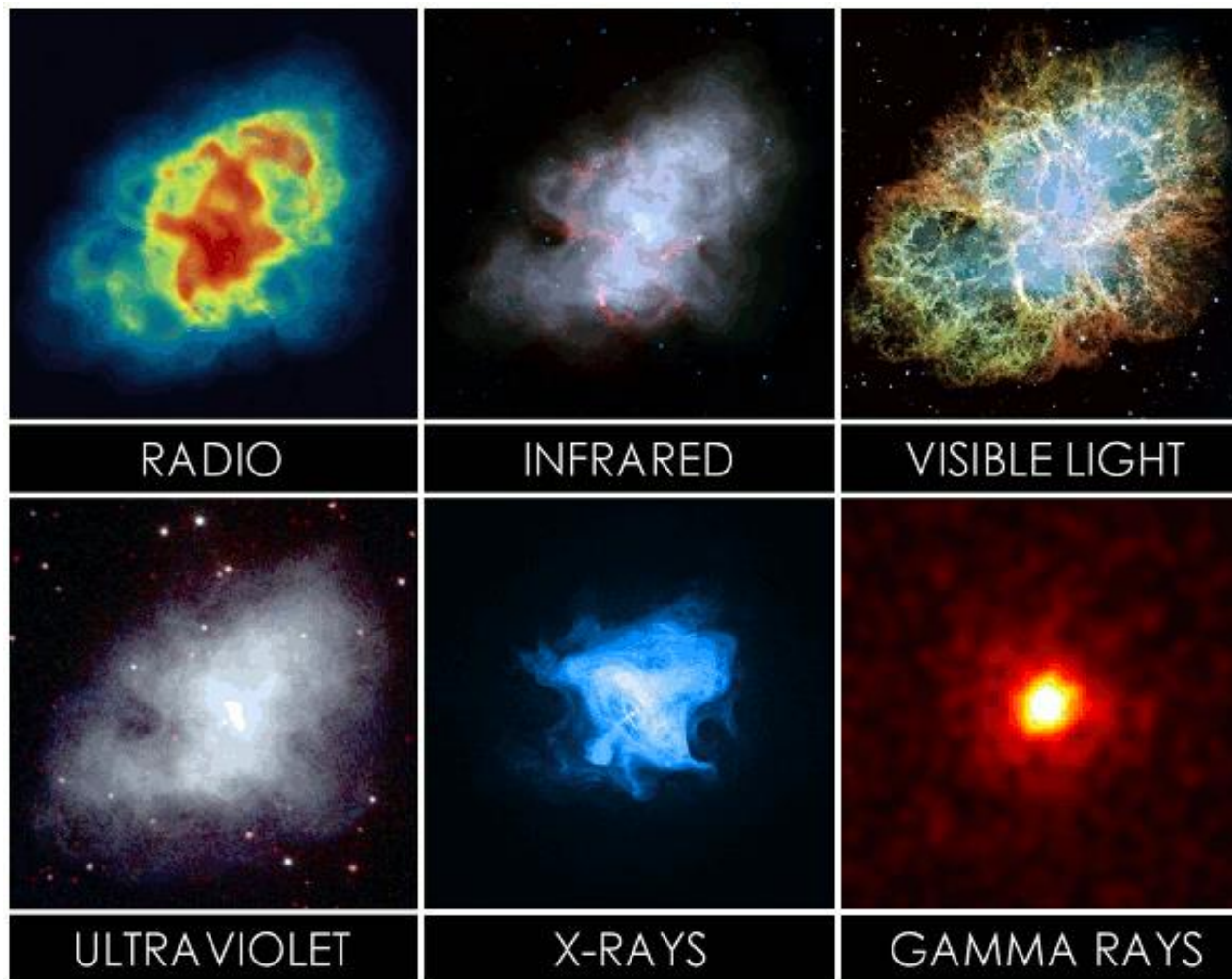
A importância da composição química da atmosfera



Porquê observar o céu em diferentes comprimentos de onda?



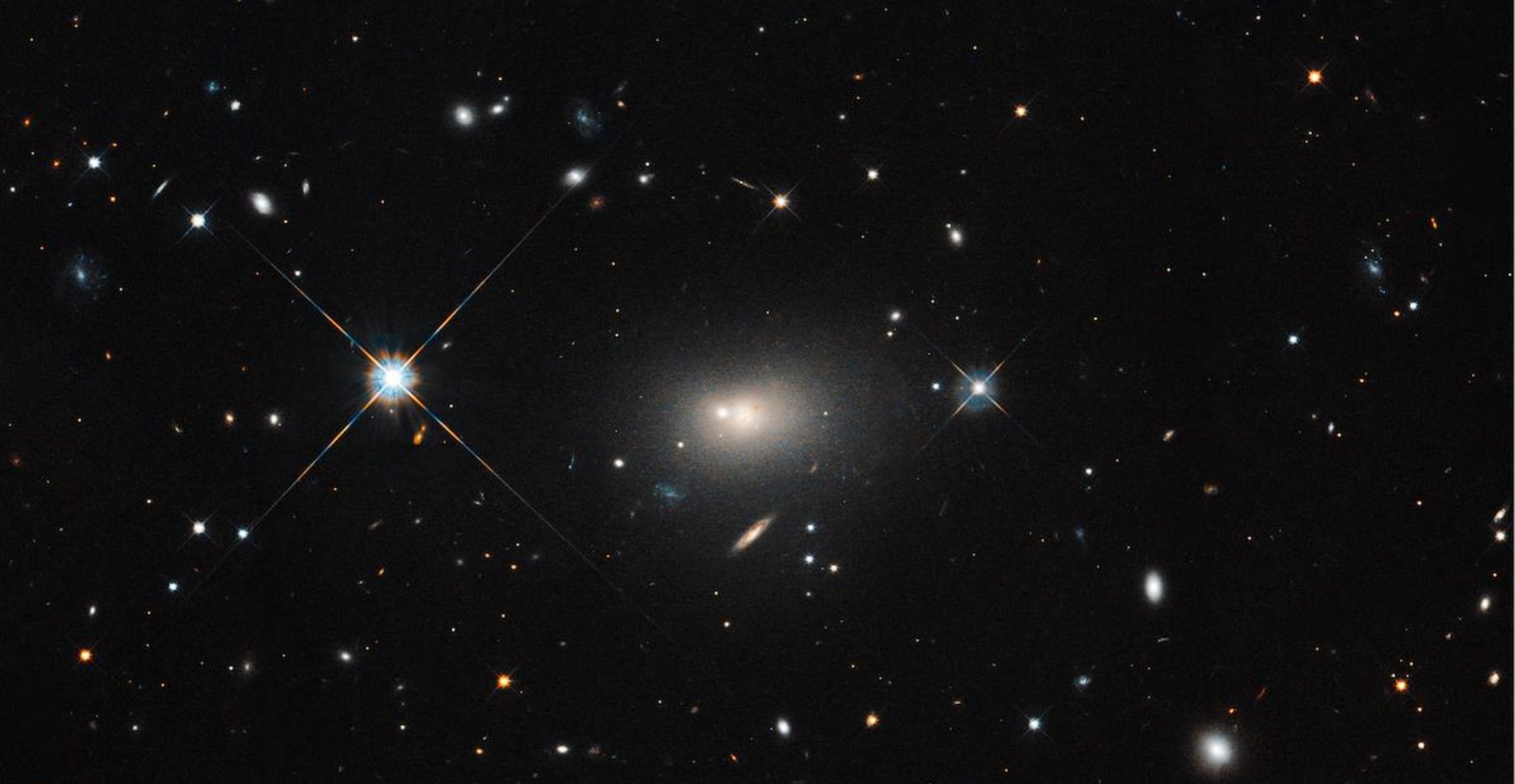
Porquê observar o céu em diferentes comprimentos de onda?



A Nebulosa do Caranguejo parece assumir diferentes formas em cada comprimento de onda.

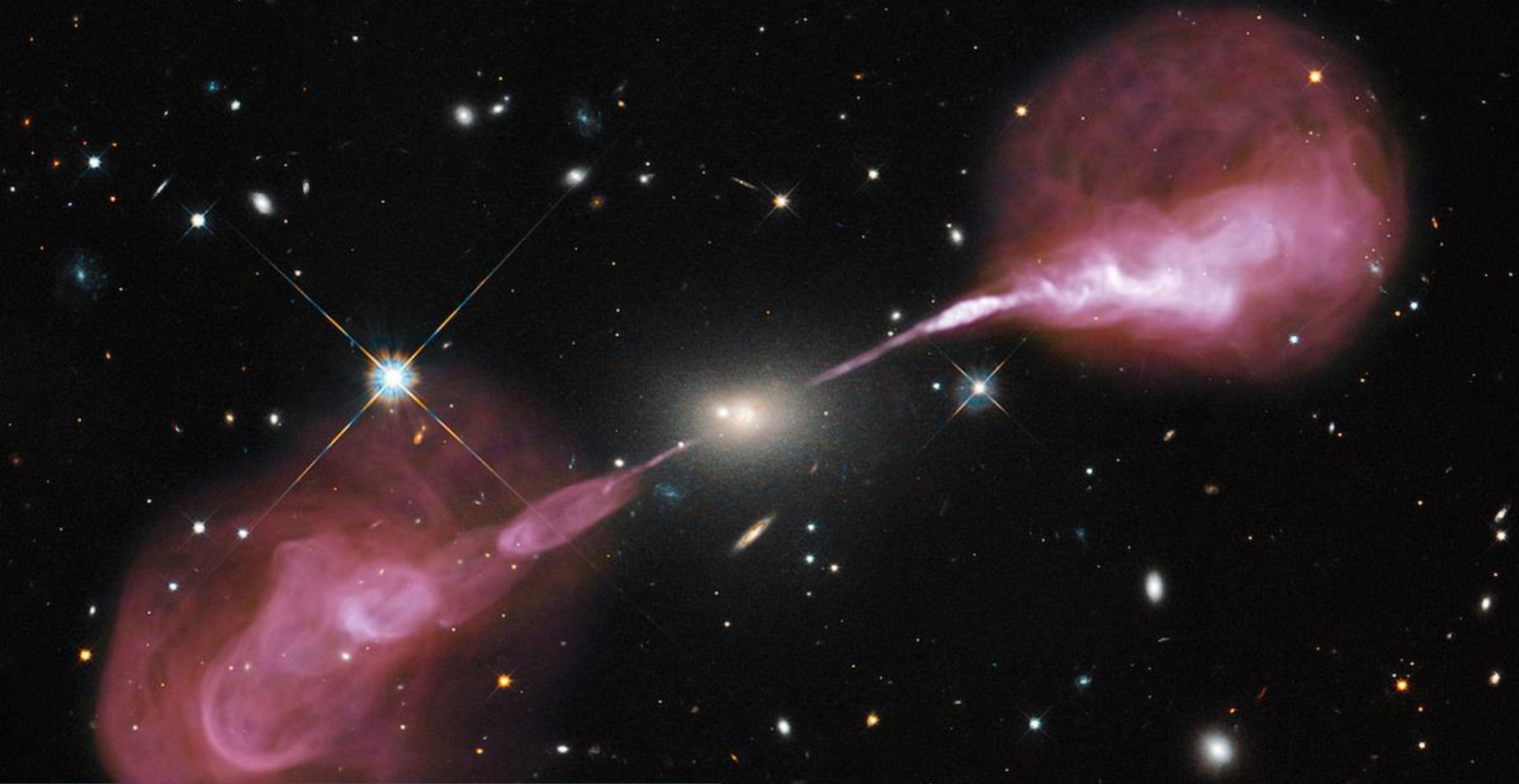
Astronomical images in different wavelengths

Experimentem fazer esta **atividade**.



JAMES WEBB SPACE TELESCOPE: UMA NOVA JANELA PARA O UNIVERSO – 10 dezembro 2022





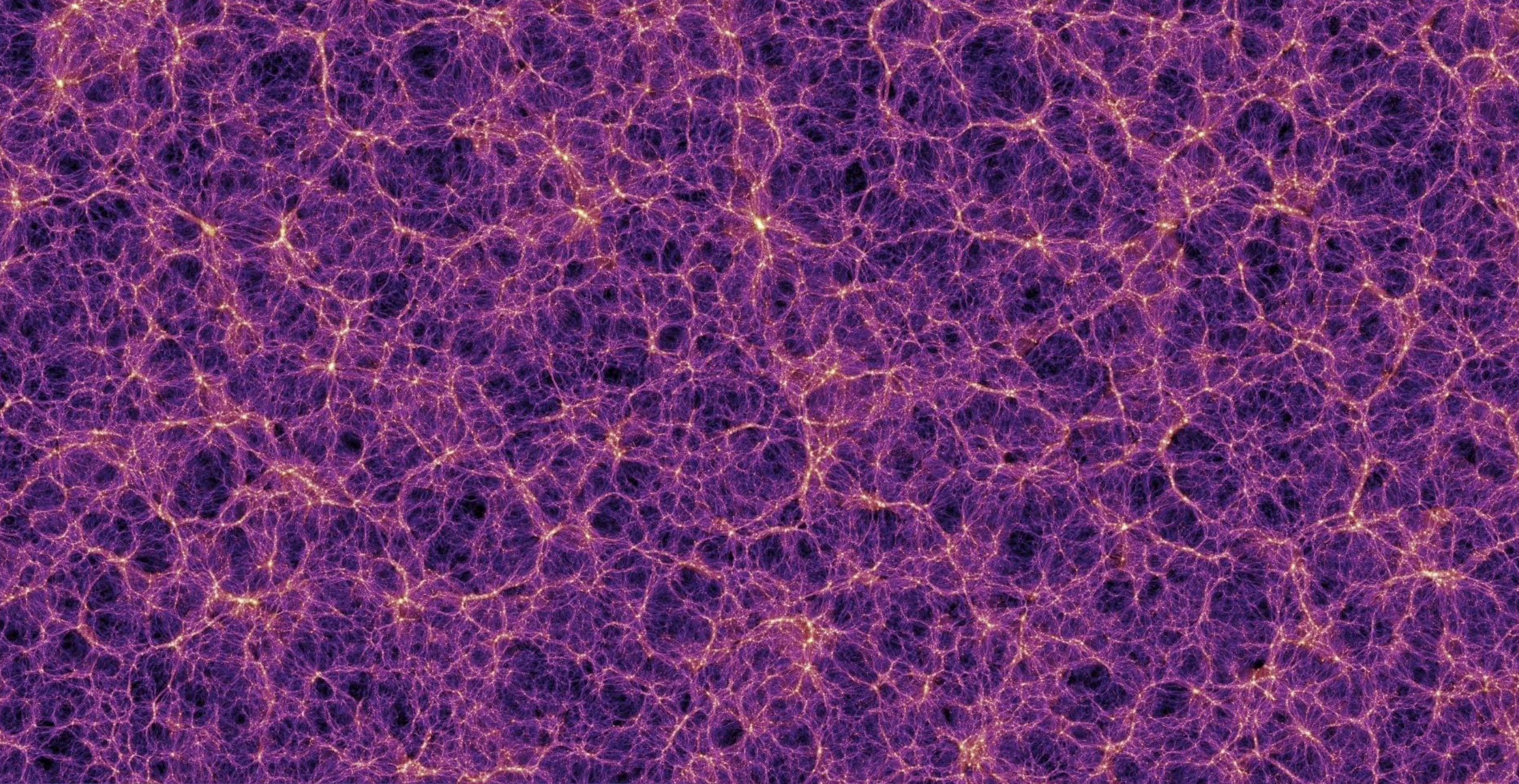
JAMES WEBB SPACE TELESCOPE: UMA NOVA JANELA PARA O UNIVERSO – 10 dezembro 2022





JAMES WEBB SPACE TELESCOPE: UMA NOVA JANELA PARA O UNIVERSO – 10 dezembro 2022





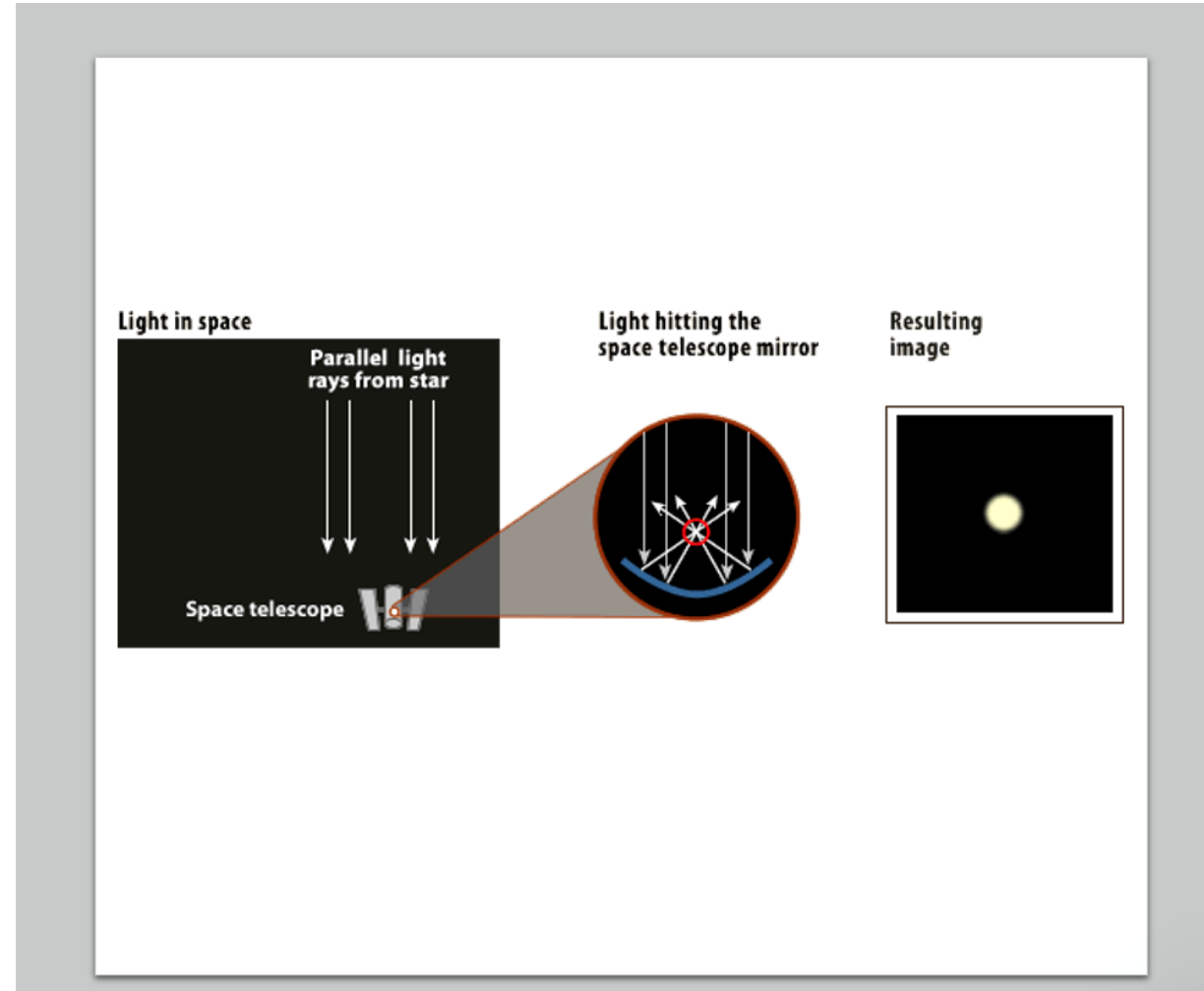
JAMES WEBB SPACE TELESCOPE: UMA NOVA JANELA PARA O UNIVERSO – 10 dezembro 2022



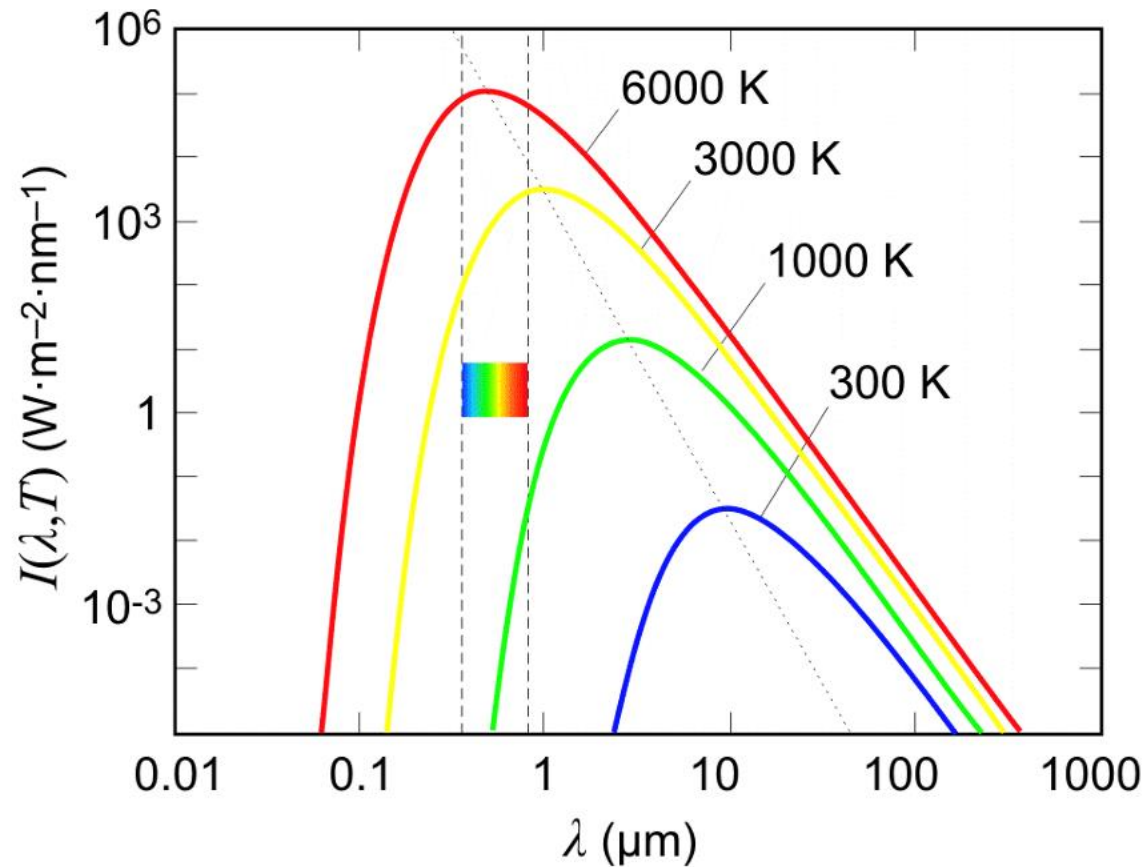
O problema da turbulência atmosférica

Não há
turbulência no
espaço!

- A luz chega ao telescópio sem distorções
- A menos de algum defeito ótico, o telescópio entrega imagens no seu limite físico



É difícil observar no infravermelho!



Motivos:

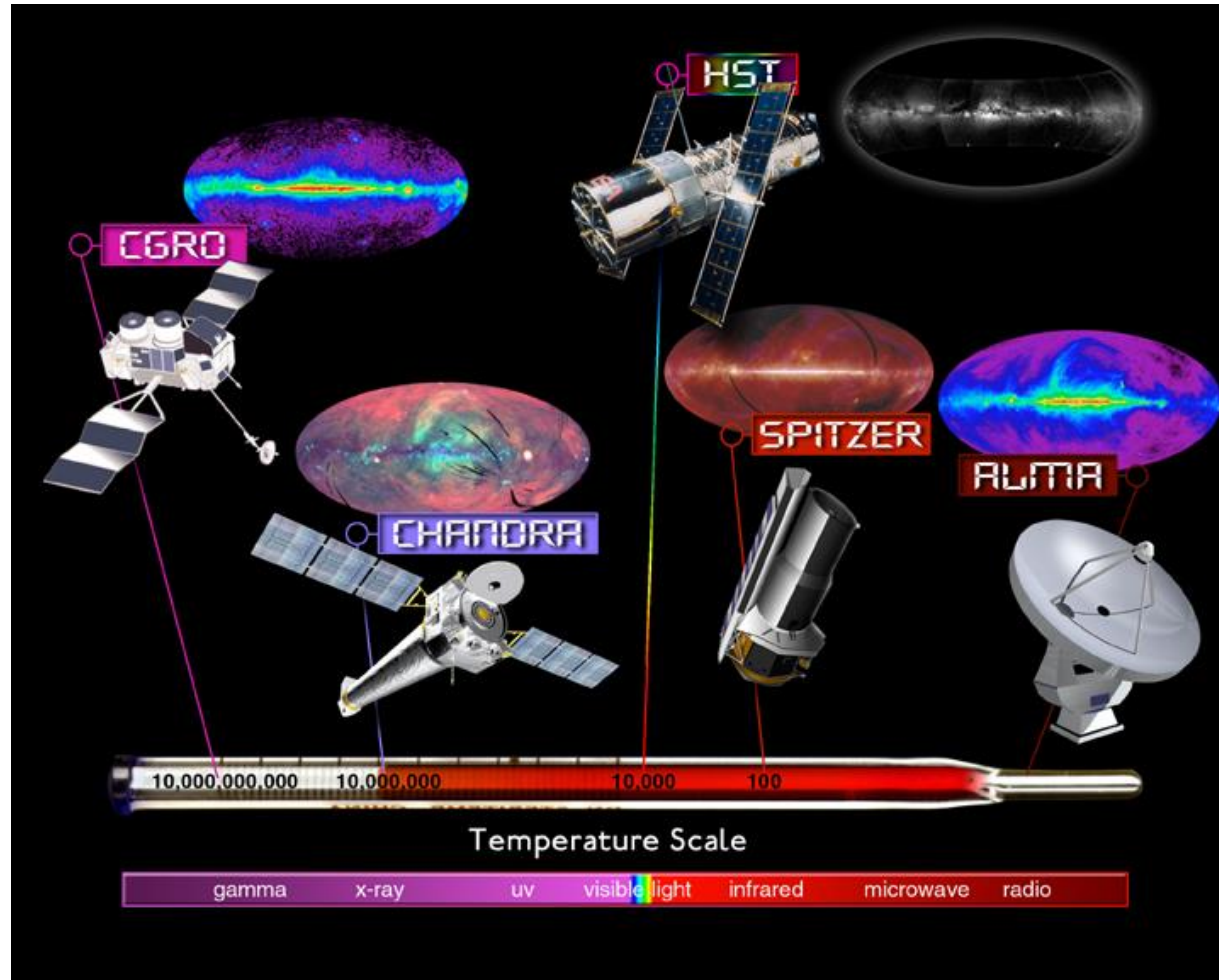
- Há absorção molecular dos constituintes da atmosfera
- A radiação térmica de fundo na Terra tem o seu pico no infravermelho

Conclusão:

Quanto menos atmosfera melhor!

- Montanhas altas
- Ar seco
- ... Mas não há nada como o **ESPAÇO!**

Questão-problema 3: Porquê mais um telescópio espacial? Porquê este?



Quatro Observatórios Orbitais

CGRO (Compton Gamma-Ray Observatory)

5 Abril 1991 – 4 Junho 2000 (reentrou)

Ex: Buracos negros supermassivos em Raios- γ

Chandra (Chandra X-Ray Observatory)

23 Julho 1999 – Presente data

Ex: Centro da Galáxia em Raios-X

Hubble Space Telescope

24 Abril 1990 – Presente data

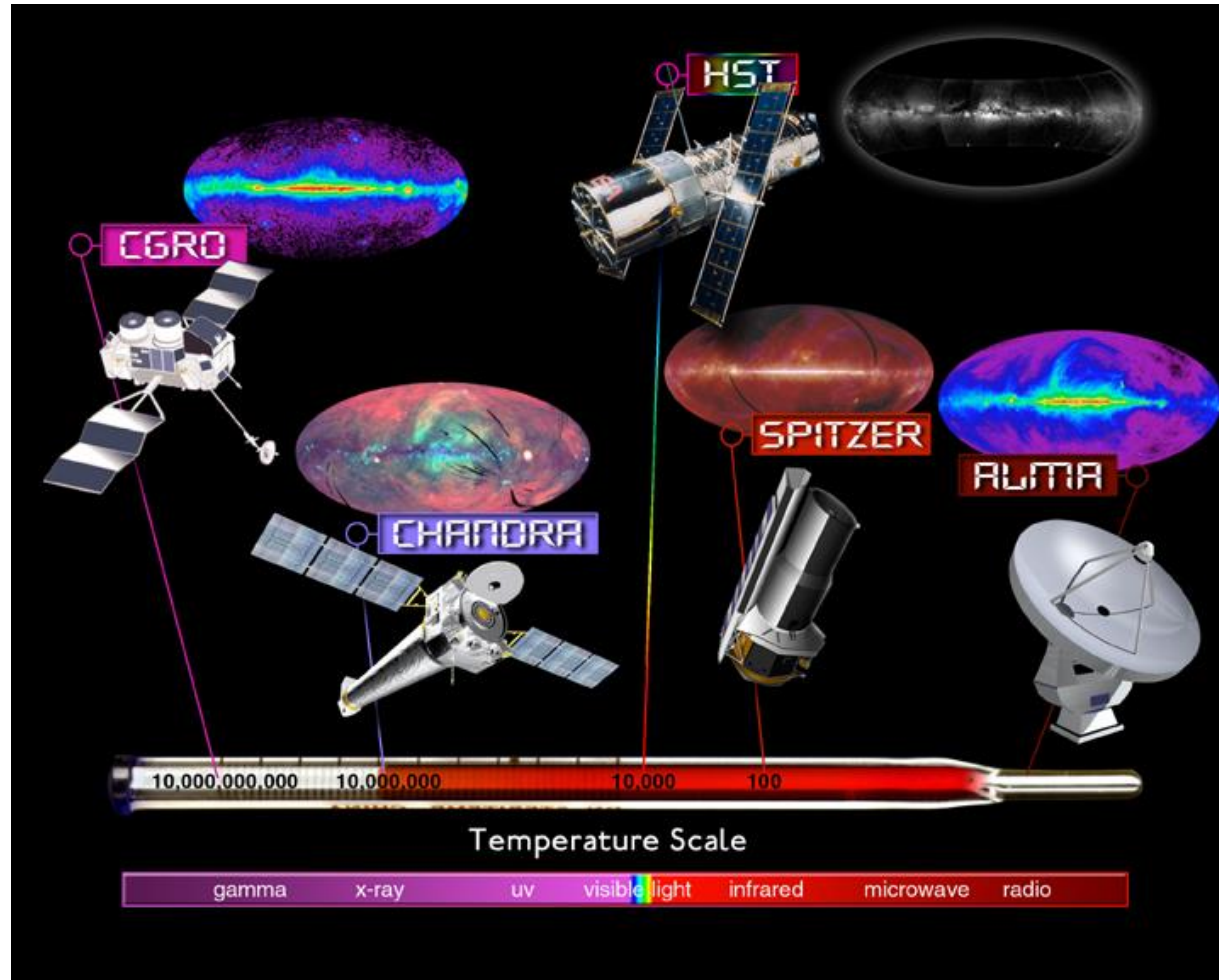
Ex: Via Láctea no Visível

Spitzer Space Telescope

25 Agosto 2003 – 30 Janeiro 2020 (hibernou)

Ex: Regiões de formação de estrelas no IV

Questão-problema 3: Porquê mais um telescópio espacial? Porquê este?



O JWST vai dar mais respostas sobre:

Como se formaram as galáxias e os aglomerados de galáxias? (em parte: **Hubble** e **Spitzer**)

Como são formados os planetas? Quantos há, e que tipos de estrelas podem formar planetas? Como começou a vida? Estamos sozinhos? (em parte: **Spitzer** e **Hubble**)

Poderá ser o primeiro a responder:

Qual a natureza da matéria e energia escuras?

Será que os buracos negros evoluem? Como influenciam a evolução das galáxias?

Quais são as origens dos objetos da Cintura de Kuiper? São muito comuns?

Questão-problema 3: Porquê mais um telescópio espacial? Porquê este?

Comparando o Webb e o Hubble

Estes dois observatórios do espaço têm características distintas e vão trabalhar em paralelo, complementando-se entre si.

HUBBLE

- 570 km from Earth
- Espelho principal: 2.4 m
- Galáxias jovens
- Comprimentos de onda: Ultravioleta, Visível, Parte do infra-vermelho próximo
- Reparável

WEBB

- 1.5 milhões km from Earth (Ponto de Lagrange Sol-Terra L2)
- Espelho principal: 6.5 m (18 Segmentos hexagonais)
- Galáxias acabadas de se formar
- Comprimentos de onda: Infra-vermelho próximo, Infra-vermelho médio
- Não reparável

© Catarina Alves de Oliveira

Questão-problema 3: **Porquê mais um telescópio espacial? Porquê este?**



Recurso adicional:

[Build it yourself!](#)

(jogo online)

Os Instrumentos do Webb: NIRCam, os olhos no Espaço



Adquirir IMAGENS dos
objectos mais distantes no
Universo

Infravermelho próximo (NIR)

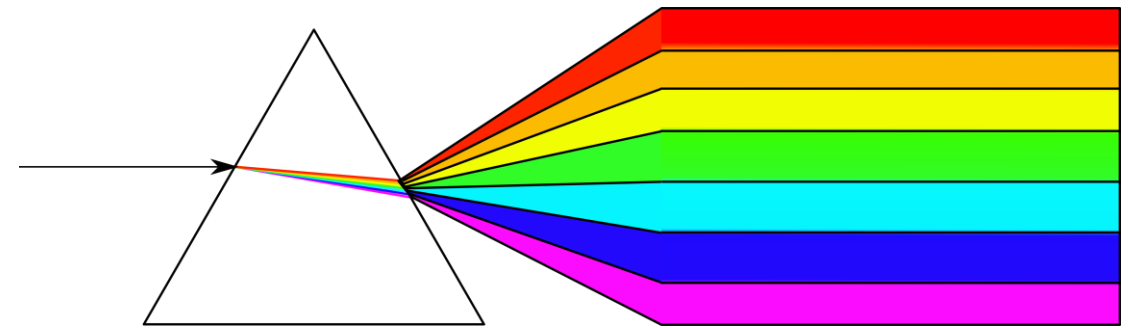


Os Instrumentos do Webb: NIRSpec, o multi-tarefas



Adquirir ESPECTROS de
mais de 100 objetos em
simultâneo

Infravermelho próximo (NIR)



Os Instrumentos do Webb: **MIRI**, o mais frio



Adquirir ESPECTROS e IMAGENS de objetos mais frios e distantes

Infravermelho médio (MIR)

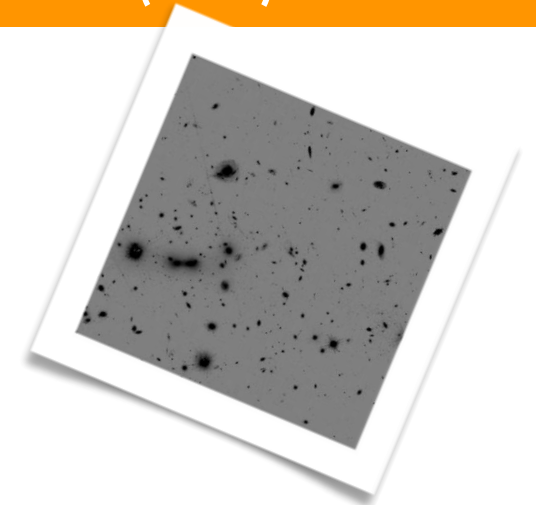
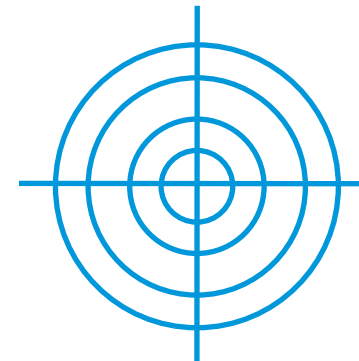


Os Instrumentos do Webb: FGS / NIRISS, o guia

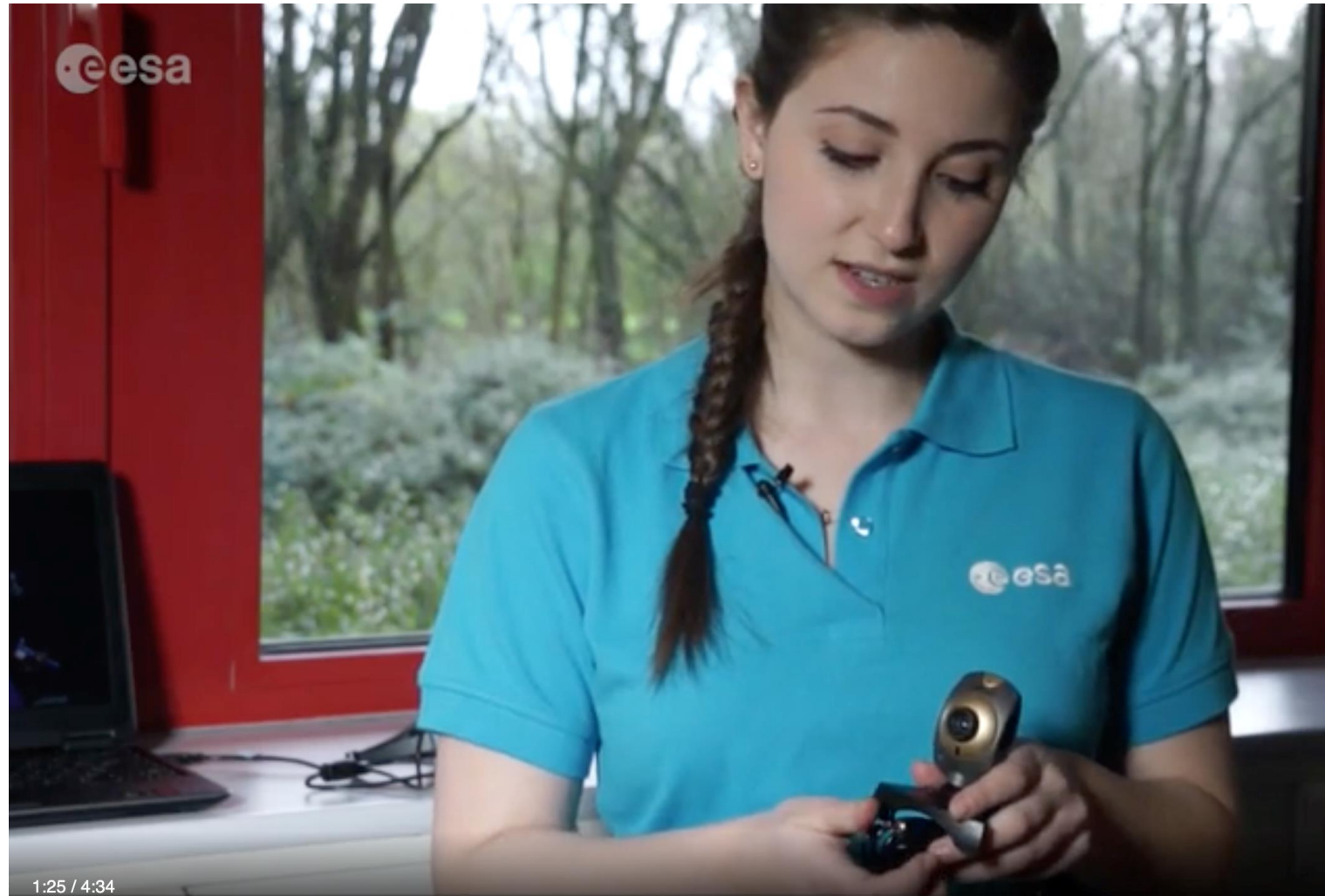


O guia do telescópio

Infravermelho próximo (NIR)

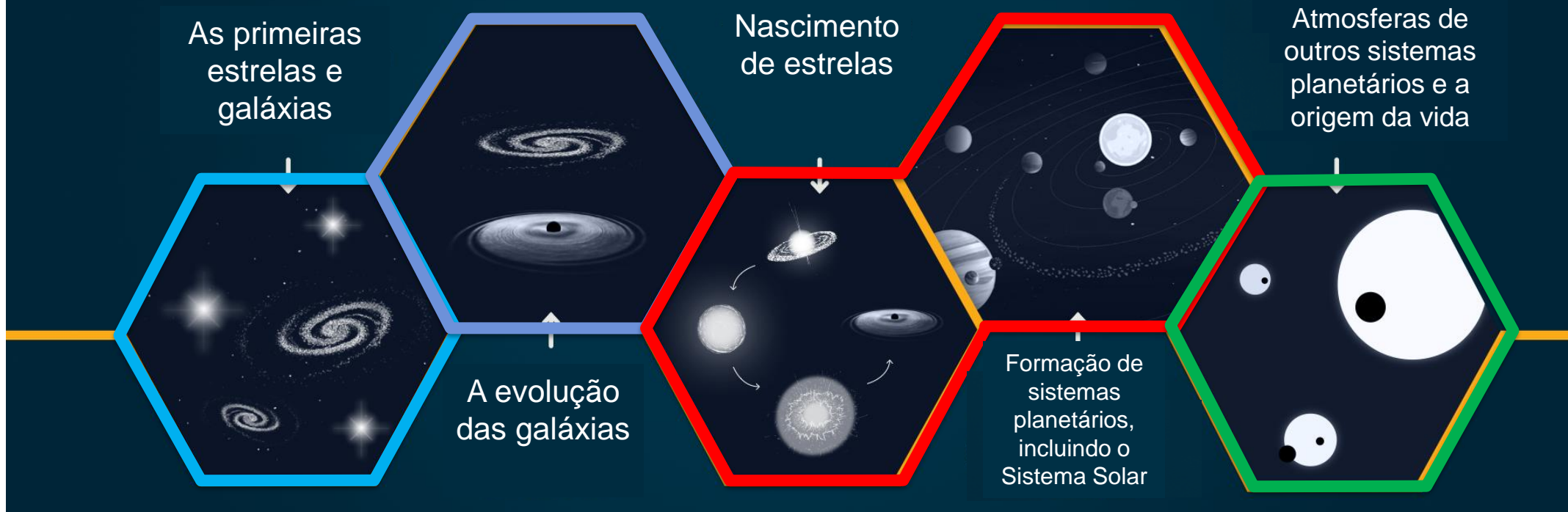


Questão-problema 4: Como é o mundo no infravermelho?



A Ciência do Webb

O Webb foi concebido para responder a questões em aberto sobre o Universo e fazer descobertas revolucionárias em todos os campos da astronomia.



A Ciência do Webb

Algumas cientistas portuguesas ligadas ao JWST

Catarina Alves de Oliveira · Cientista da ESA e responsável pela preparação do JWST



Em 2011 juntou-se à equipa de cientistas da ESA, onde se dedicou à preparação do JWST. É uma das principais responsáveis pelo NIRSpec, um dos instrumentos de observação no infravermelho que vão ser utilizados no JWST. Entre 2015 e 2020 trabalhou em Baltimore, nos EUA, para assegurar a contribuição da ESA na fase de desenvolvimento e teste do centro de operações do JWST.

A investigadora foi homenageada pela ESA no Dia Internacional da Mulher em 2021.

Elisabete da Cunha · Astrofísica e investigadora da Universidade da Austrália Ocidental

Estuda a formação e evolução de galáxias no Universo primitivo. Desenvolveu uma ferramenta muito utilizada pelos astrónomos para medir várias propriedades físicas das galáxias a partir de observações realizadas em diferentes regiões do espectro.

Em 2019 co-presidiu um simpósio da União Astronómica Internacional intitulado "Descobrimo a evolução precoce da galáxia na era ALMA e JWST". **Segue-se um video em que Elisabete nos fala da Ciência do Webb.**

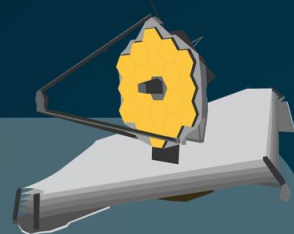


Resumindo:

WEBB

- Espelho **6.5 metros**, 18 segmentos
- Escudo solar do tamanho de um campo de ténis
- **1.5 milhões de quilómetros** da Terra
- 4 instrumentos infravermelho próximo e médio

- **Lançado a 25 Dezembro 2021**



CIÊNCIA

1. As primeiras estrelas e galáxias
 2. Evolução das galáxias
 3. Nascimento de estrelas e sistemas proto-planetários
 4. Sistemas planetários e a origem da vida
- Tudo aquilo que nem sequer conseguimos imaginar...



Início da Aventura: Segmento de lançamento com o Ariane 5



Início da Aventura: 3, 2, 1...

Clique nas imagens ou nas legendas para ver os vídeos.



[Unboxing](#)

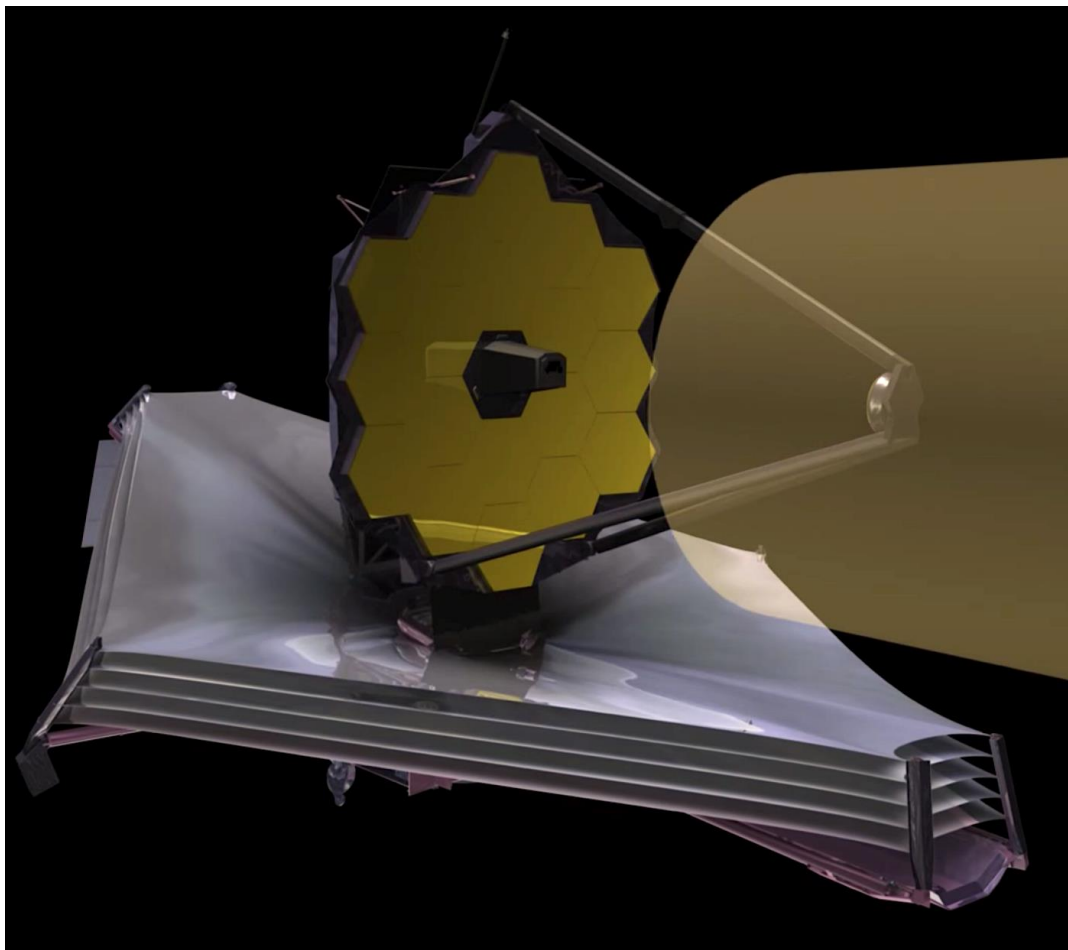


[Lançamento do Ariane 5 com o JWST](#)

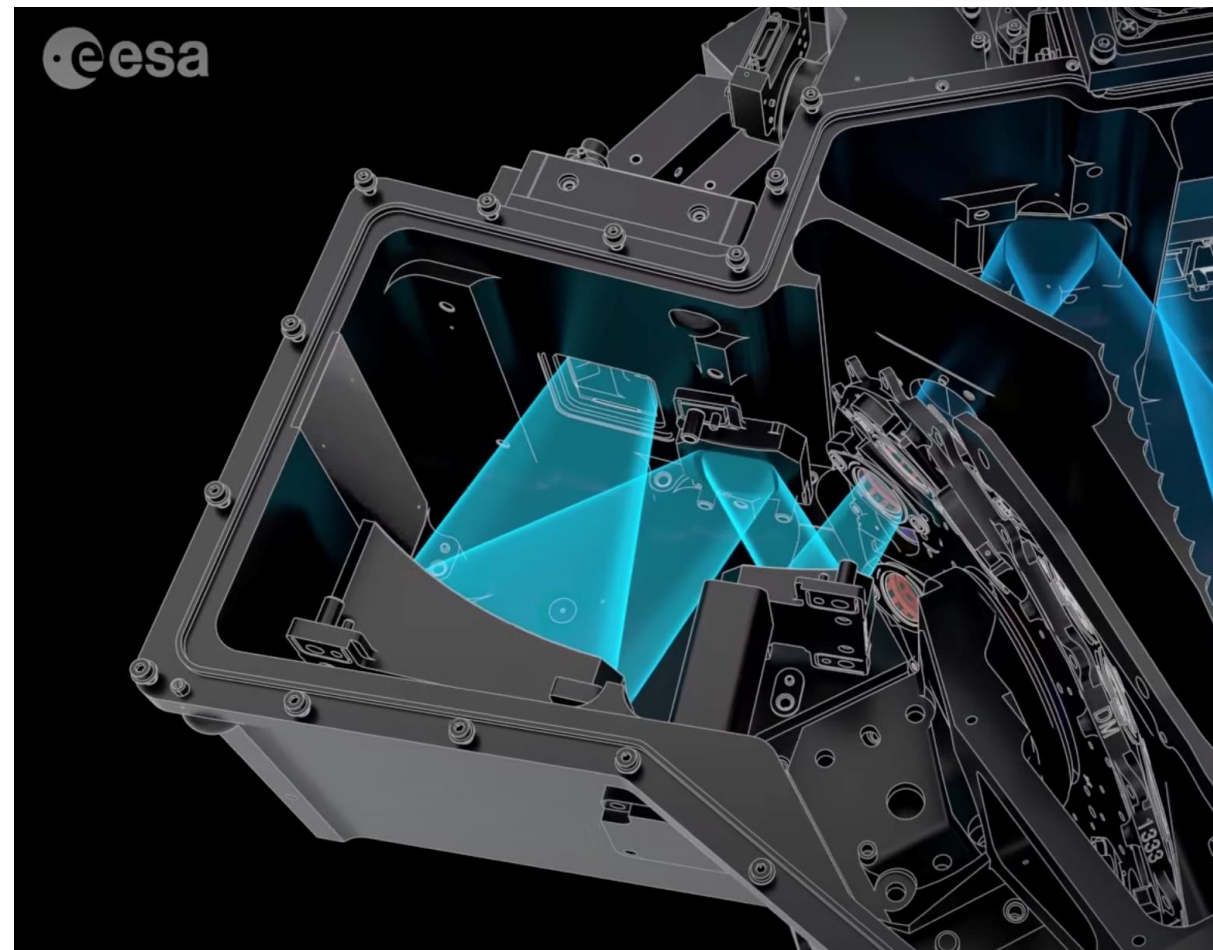


[Simulação de todas as fases do lançamento](#)

Para que servem os espelhos?



[Clique na imagem para ver o vídeo](#)



[Clique na imagem para ver o vídeo](#)

Para que servem os espelhos?

MIRI: *Mid-InfraRed Instrument* do Telescópio Espacial James Webb (1.300 nm - 3.000 nm).

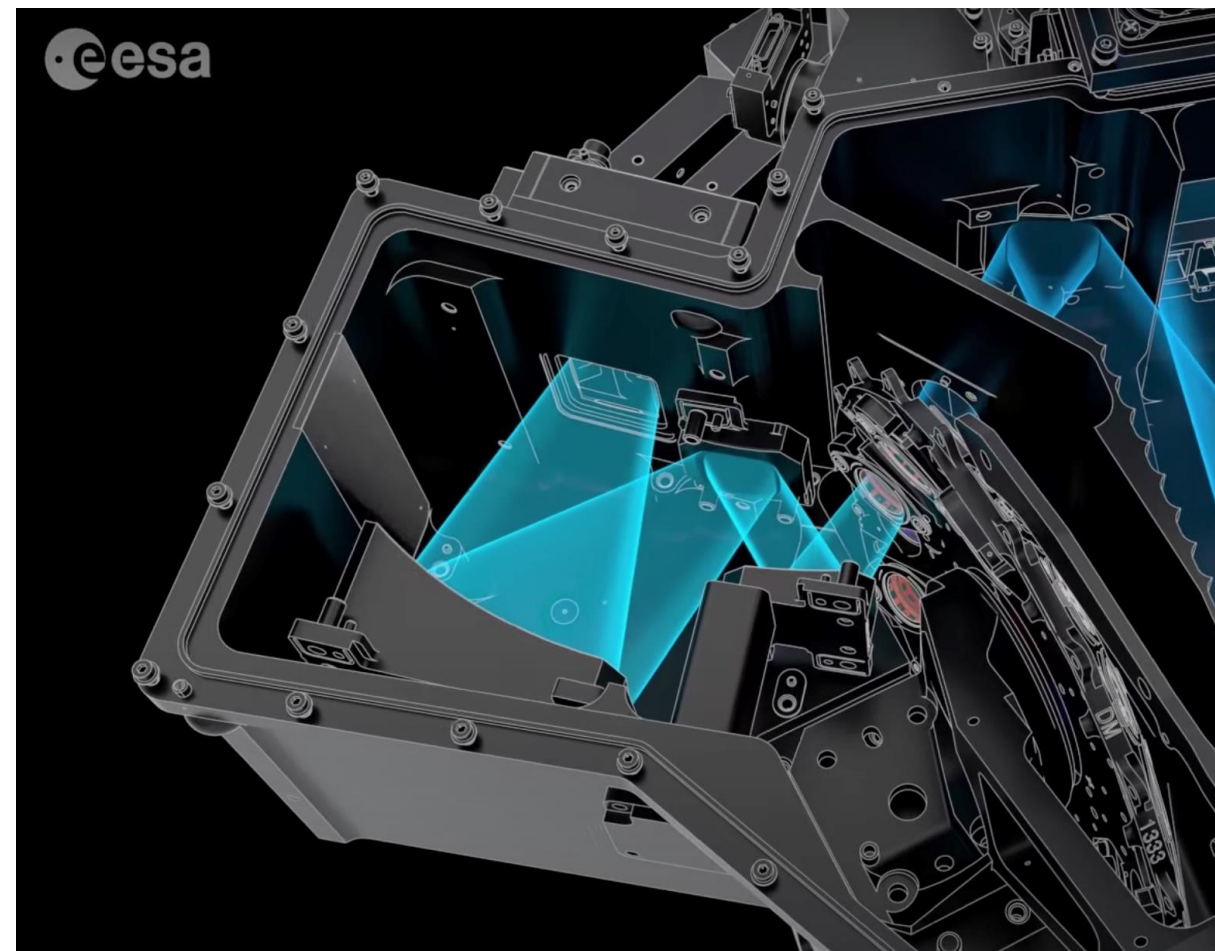
Funcionamento:

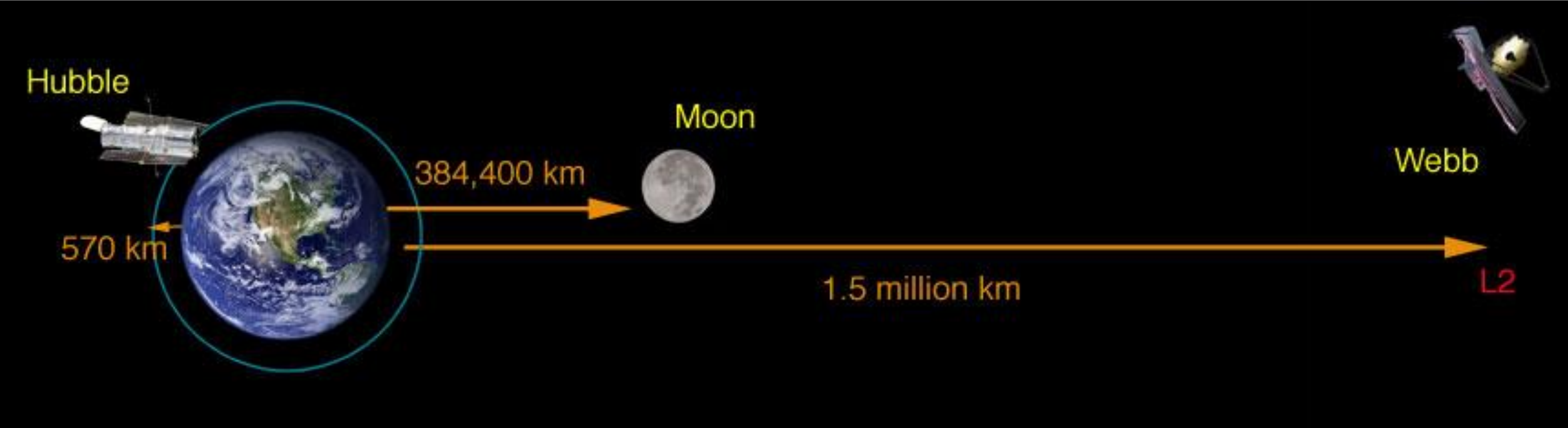
Recolha de luz:

O espelho de cima atua como um periscópio, recebe a luz do telescópio (feixe a **azul escuro**) e direcciona-a para o módulo de imagem do MIRI.

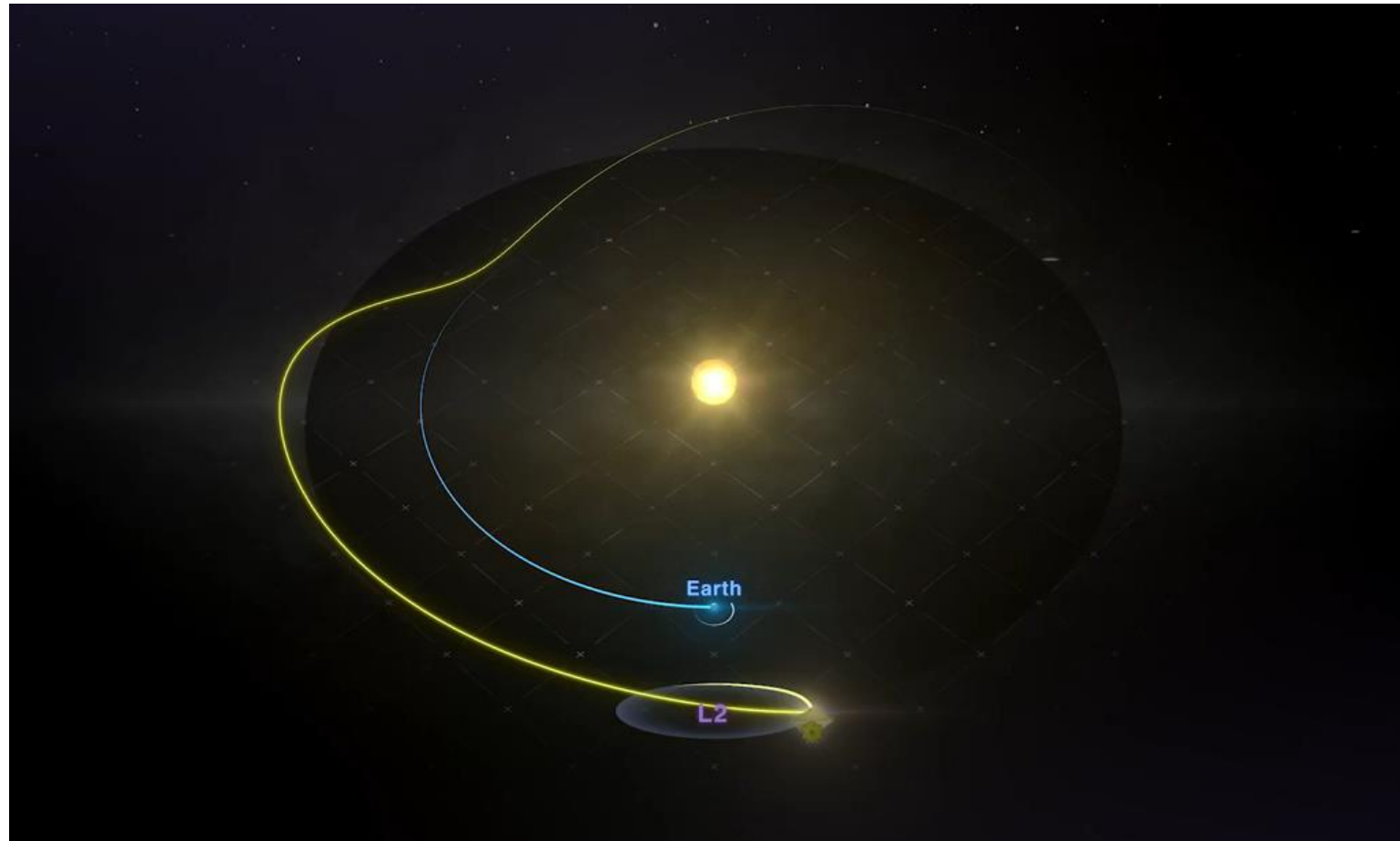
Dentro do instrumento:

- Reformatação da luz através de um sistema de espelhos;
- Seleção de IV médios desejados a partir de uma roda com 18 filtros (a **azul claro**).





Questão-problema 5: Onde foi colocado no Espaço?

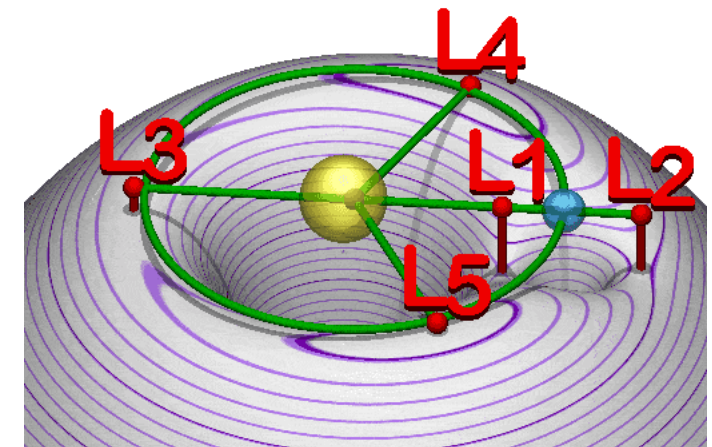


O que é o L2?

Quer dizer que há um L1?

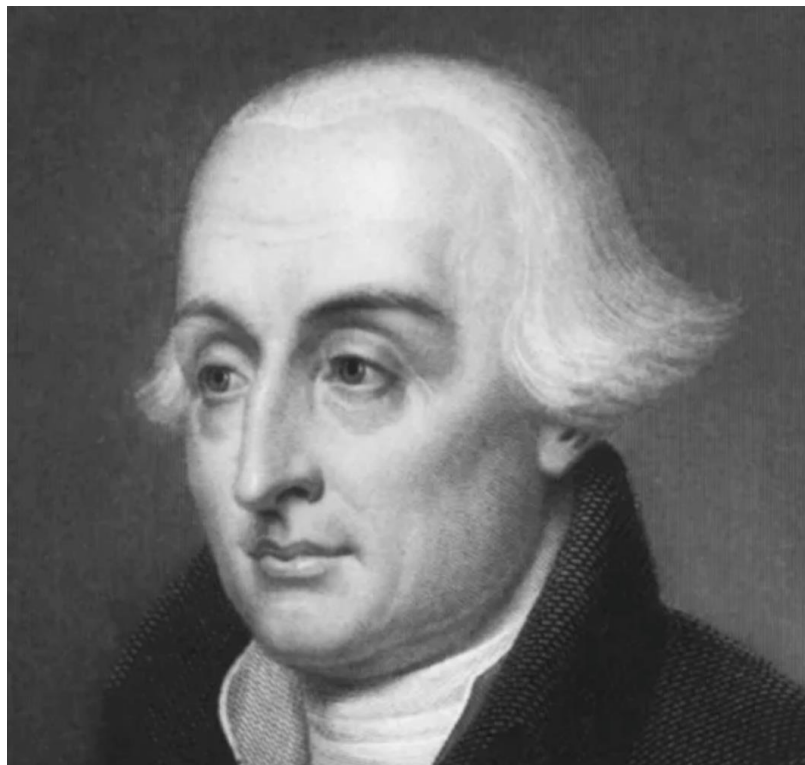
Haverá mais L's?

Como se movem no Espaço?



O que são Lagrangeanos? Porquê o ponto L2?

Professoras e professores, apresento-vos...



Joseph Louis Lagrange, matemático italiano

25 Janeiro 1736, Turim – 10 Abril 1813, Paris

Lagrange é também conhecido por fazer um grande trabalho sobre o movimento planetário.

Responsável pelo desenvolvimento de um método alternativo de escrita das Equações do Movimento de Newton, referido como “**Mecânica Lagrangeana**”.

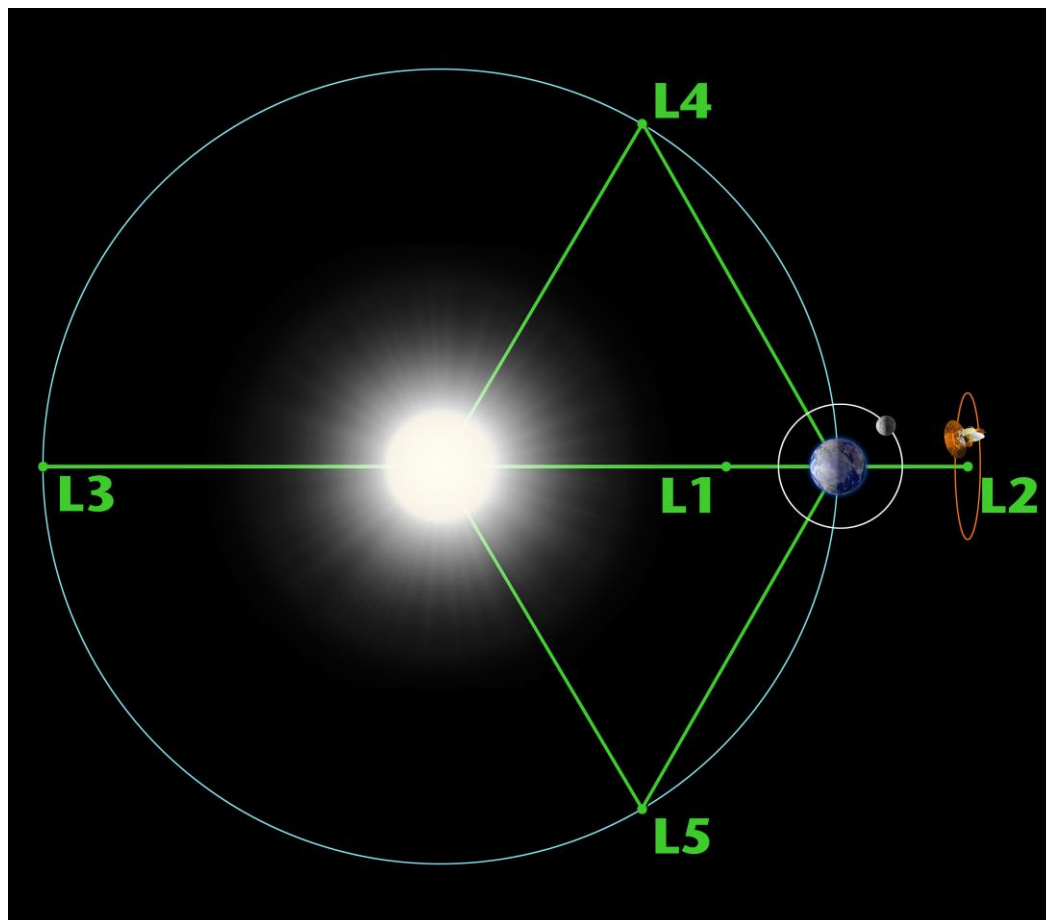
Em 1772, descreveu os **pontos Lagrangeanos**. São 5:

- Estão no plano de dois objetos em órbita em torno do seu centro de gravidade comum,
- As forças gravitacionais combinadas de ambos são zero,
- Nesses pontos uma terceira partícula de massa negligenciável pode permanecer em repouso ou numa órbita estável em torno do sistema Sol – Terra.

Lagrangeano de
uma partícula livre:
(Energia cinética)

$$\mathcal{L}(r, \dot{r}, \theta, \dot{\theta}, t) = \frac{1}{2} m [\dot{r}^2 + (r\dot{\theta})^2]$$

O que são Lagrangeanos? Porquê o ponto L2?



L1 está localizado entre dois objetos celestes no mesmo alinhamento de ambos.

(Nota: Ver atividade para o sistema Terra-Lua)

L2 está localizado a 1,492 milhões de kms da Terra na linha definida pela Terra e o Sol. Neste ponto, um objeto orbita o Sol com a mesma velocidade angular da Terra.

L3 situa-se na linha definida por dois objetos, para além do maior.

L4 e L5 estão localizados nos vértices de dois triângulos equiláteros cuja base é formada pela distância Sol – Terra.

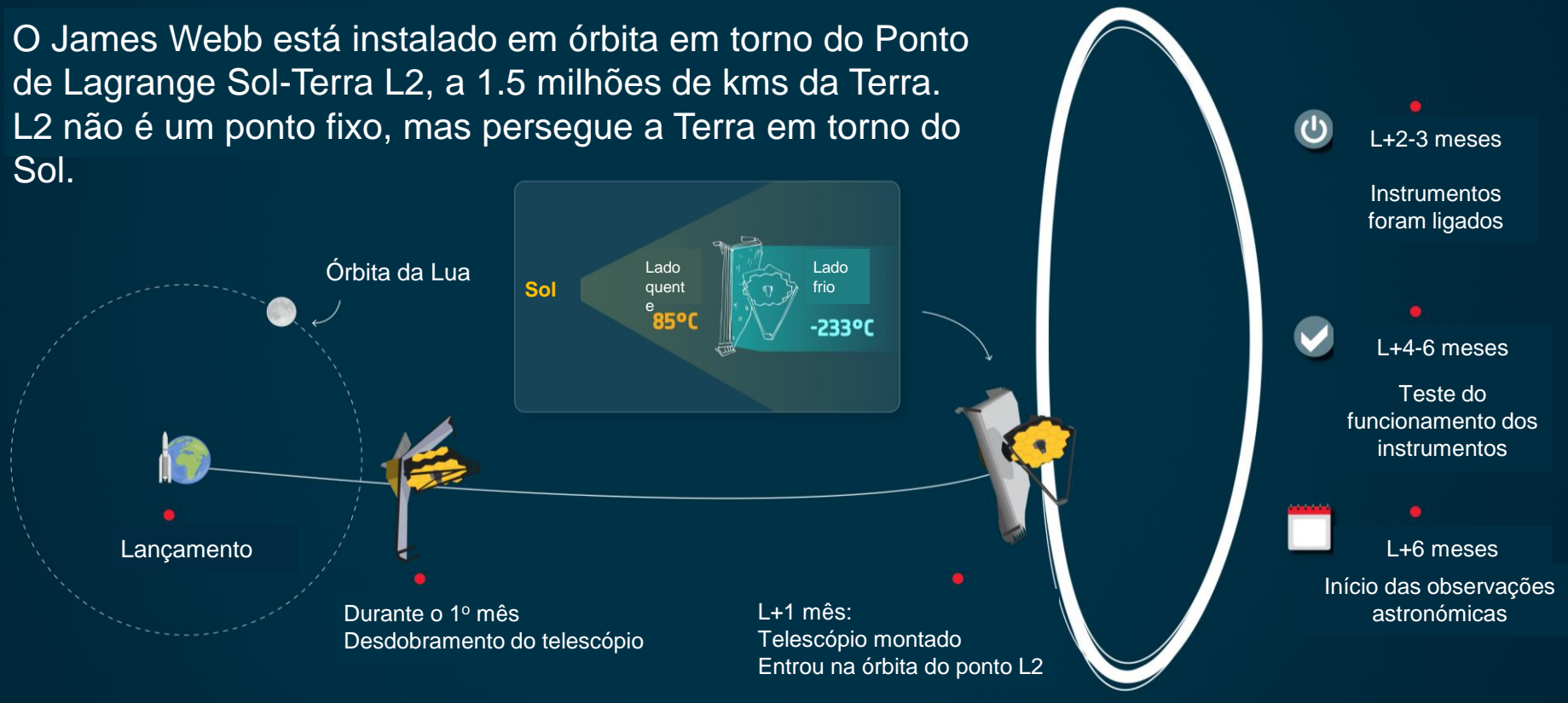
Links úteis: [Astronoo](#) e [explicação da NASA](#).

O que são Lagrangeanos? Porquê o ponto L2?

A viagem do Webb até L2



O James Webb está instalado em órbita em torno do Ponto de Lagrange Sol-Terra L2, a 1.5 milhões de kms da Terra. L2 não é um ponto fixo, mas persegue a Terra em torno do Sol.



O que são Lagrangeanos? Porquê o ponto L2?

Os 2 lados do James Webb Space Telescope



Enorme poupança no combustível: O ponto L2 permite manter o JWST numa órbita estável a acompanhar a Terra em torno do Sol com os seus painéis sempre virados para o Sol.

Grande distância do Sol: O JWST tem como missão principal observar o Universo no IV, radiação que por vezes pode ser sentida sob a forma de calor. Como vai observar objectos muito distantes no IV, os seus instrumentos precisam de ser protegidos de fontes brilhantes e quentes, como Sol.

Local privilegiado para observar o Universo: Irá manter o JWST fora do alcance da Lua ou da sombra da Terra. Permite que as observações sejam feitas constantemente, ao reduzir as vistas obstruídas.

Comunicações com a Terra: Permite que sejam constantes.

Link útil: [About Webb orbit.](#)

Componente prática: Cálculo de L2

Mas como se calcula este valor? Parte das seguintes premissas:

1. Sistema de 3 corpos em que um tem massa desprezável: $m = M$ (JWST) $\lll M_1 \ll M_2$
2. Força centrípeta + Força gravítica ou 3.^a Lei de Kepler de uma órbita \sim circular:

$$\omega^2 = \frac{G(M_1 + M_2)}{|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|^3} = \frac{GM_2}{|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|^2 |\mathbf{r}_1|}$$

3. O centro de massa encontra-se na origem do referencial dos 2 corpos de maior massa:

$$M_1 \mathbf{r}_1 + M_2 \mathbf{r}_2 = 0$$

4. Força de Coriolis (força de inércia que atua juntamente com a força de arrastamento e a força centrífuga, sobre um corpo cujo sistema de referência se encontra em rotação):

$$\mathbf{F}_m = -\frac{GM_1 m}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_1|^3} (\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) - \frac{GM_2 m}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_2|^3} (\mathbf{r} - \mathbf{r}_2) + m\omega^2 \mathbf{r} - 2m\boldsymbol{\omega} \times \dot{\mathbf{r}}$$

Componente prática: [Cálculo de L2](#) (clique no link para ver o artigo com os cálculos)

Equação final:

$$\frac{GM_1}{(x + r_1)^2} + \frac{GM_2}{(x - r_2)^2} = \frac{G(M_1 + M_2)}{(r_1 + r_2)^3} x$$

(Para $F_m = 0$)

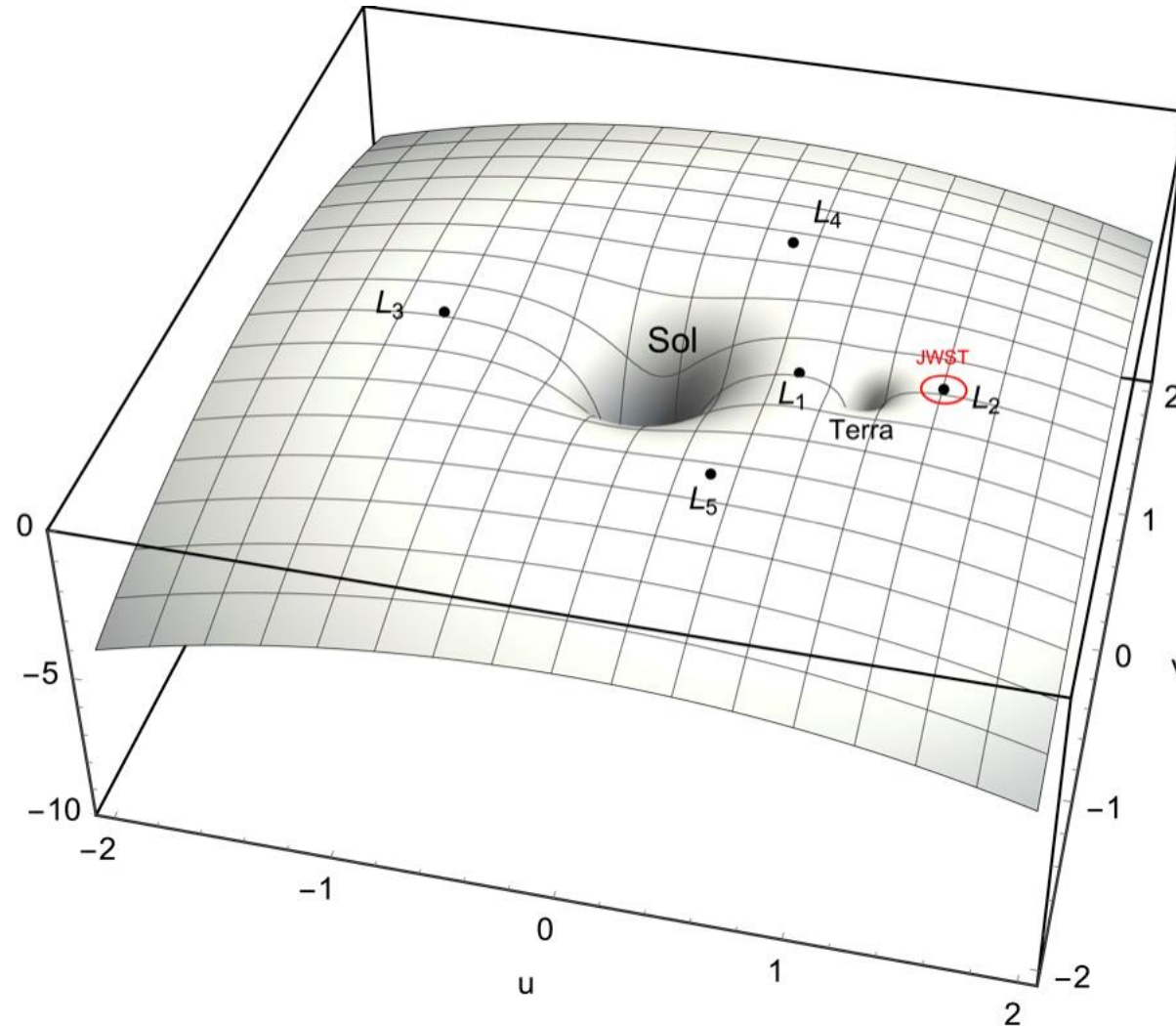
Esquema:



Resultado:

$$x = r_2 \left(1 + \sqrt[3]{\frac{M_2}{3M_1}} \right) \approx 1.5 \text{ milhões km da Terra}$$

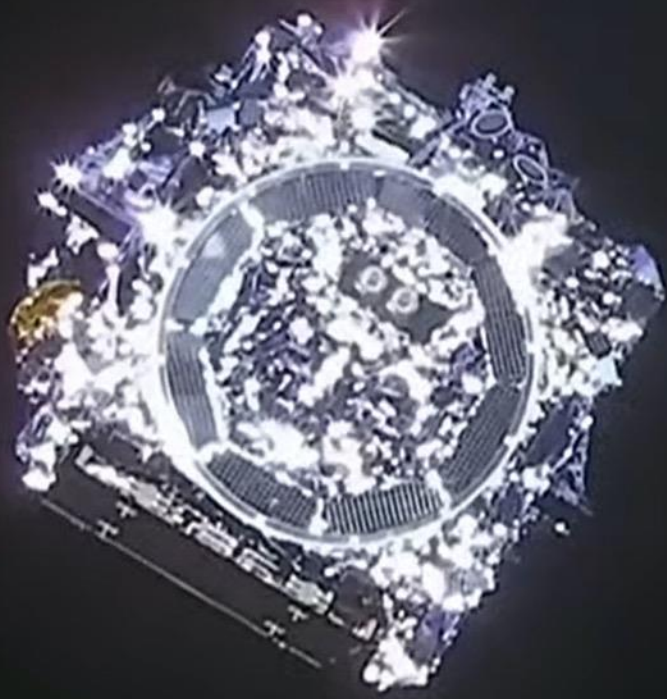
Componente prática: [Cálculo de L2](#) (clique no link para ver o artigo com os cálculos)



Lift Off!

A photograph of a rocket launch. The rocket is positioned vertically in the center-right of the frame, ascending. It is surrounded by a massive, bright plume of fire and white smoke that tapers as it goes up. The background is a dark, overcast sky. The overall mood is one of power and achievement.

25 de dezembro de 2021



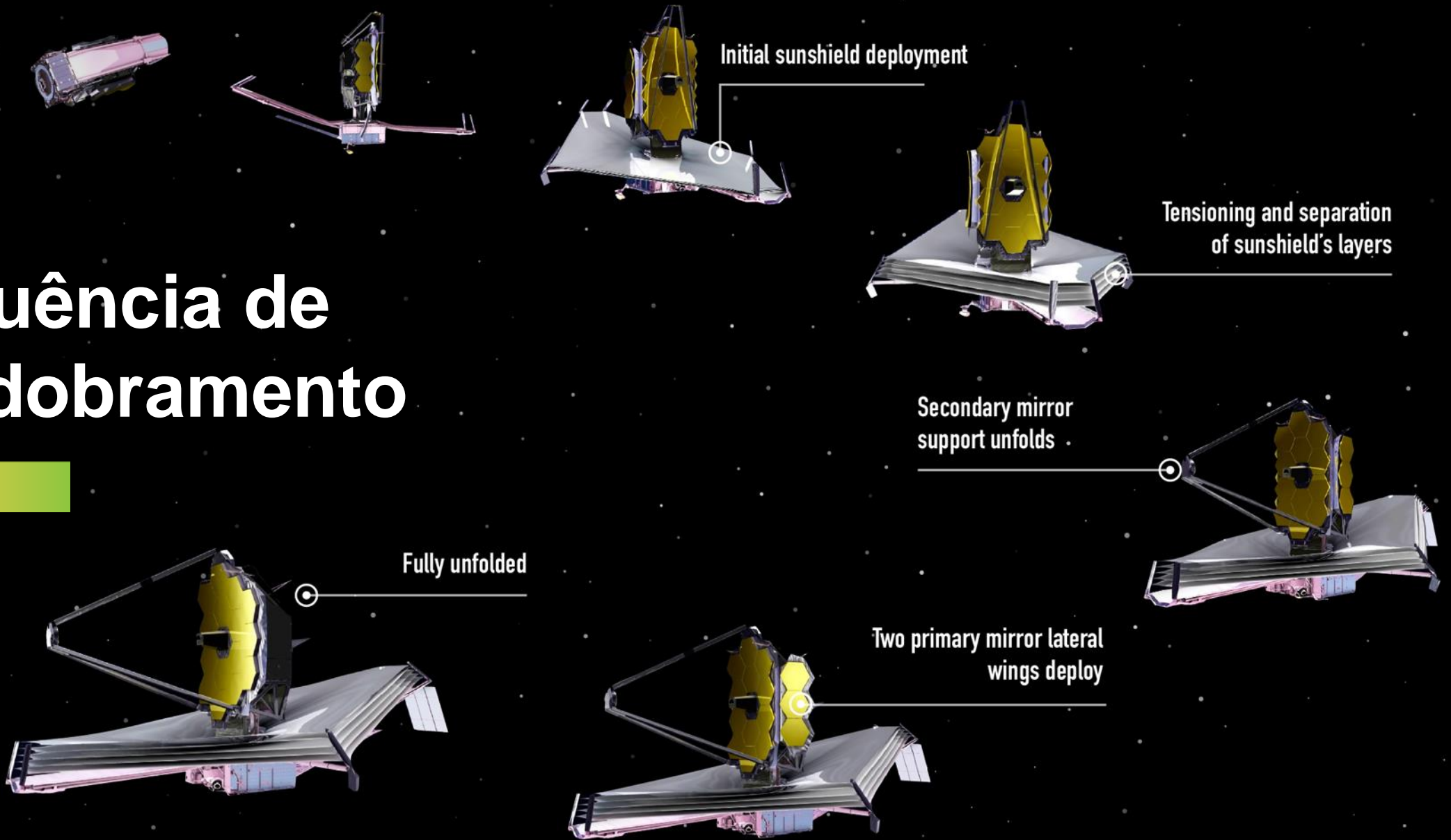
A viagem começou...



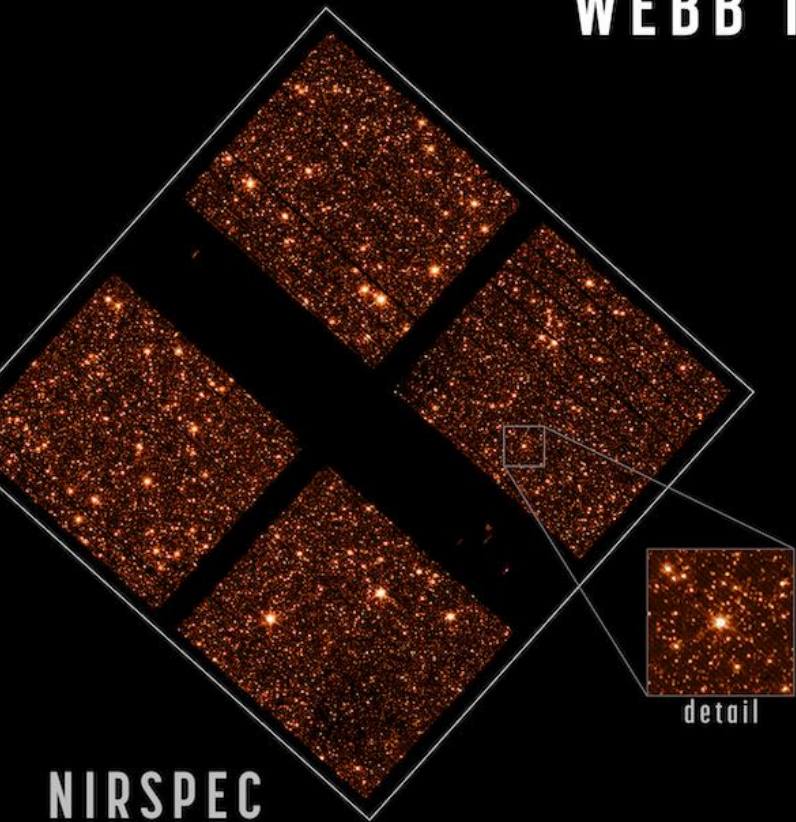


EARTH

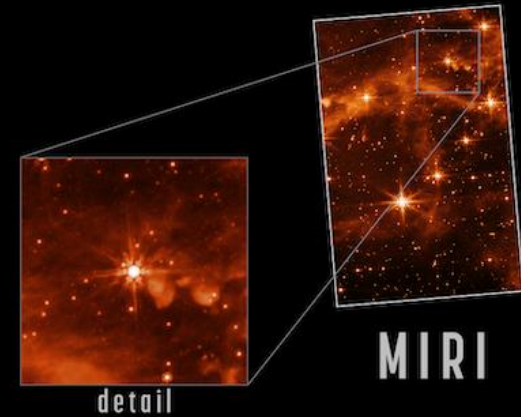
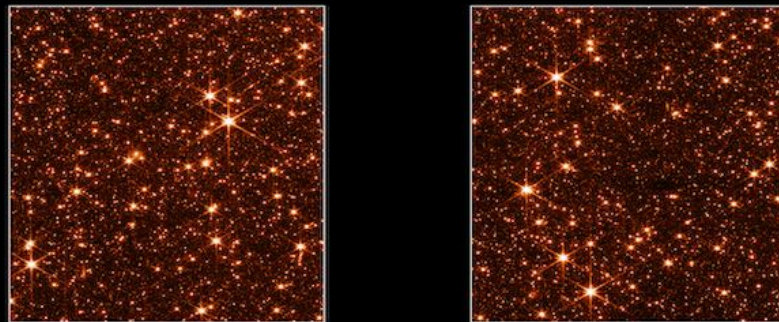
Sequência de desdobramento



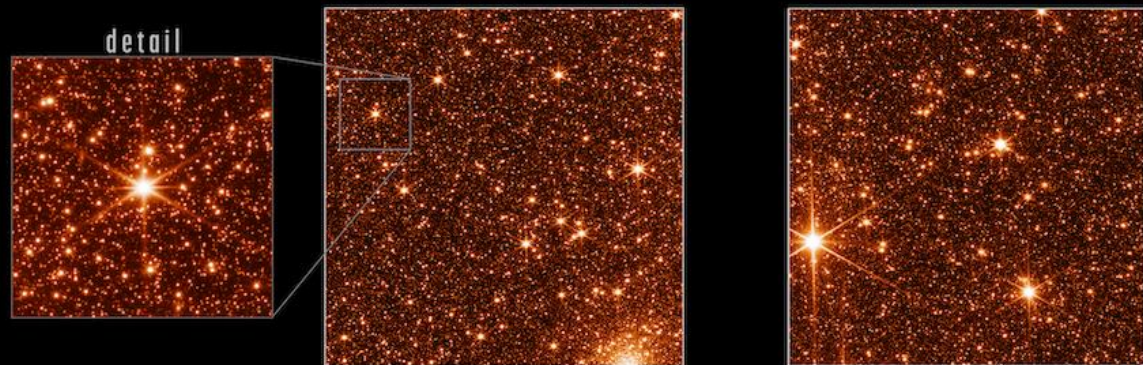
WEBB TELESCOPE IMAGE SHARPNESS CHECK



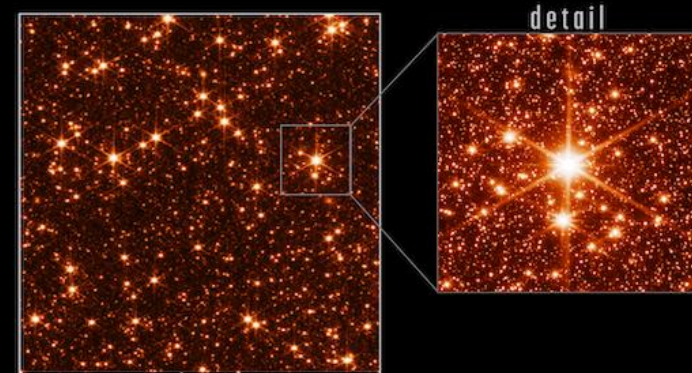
NIRCAM

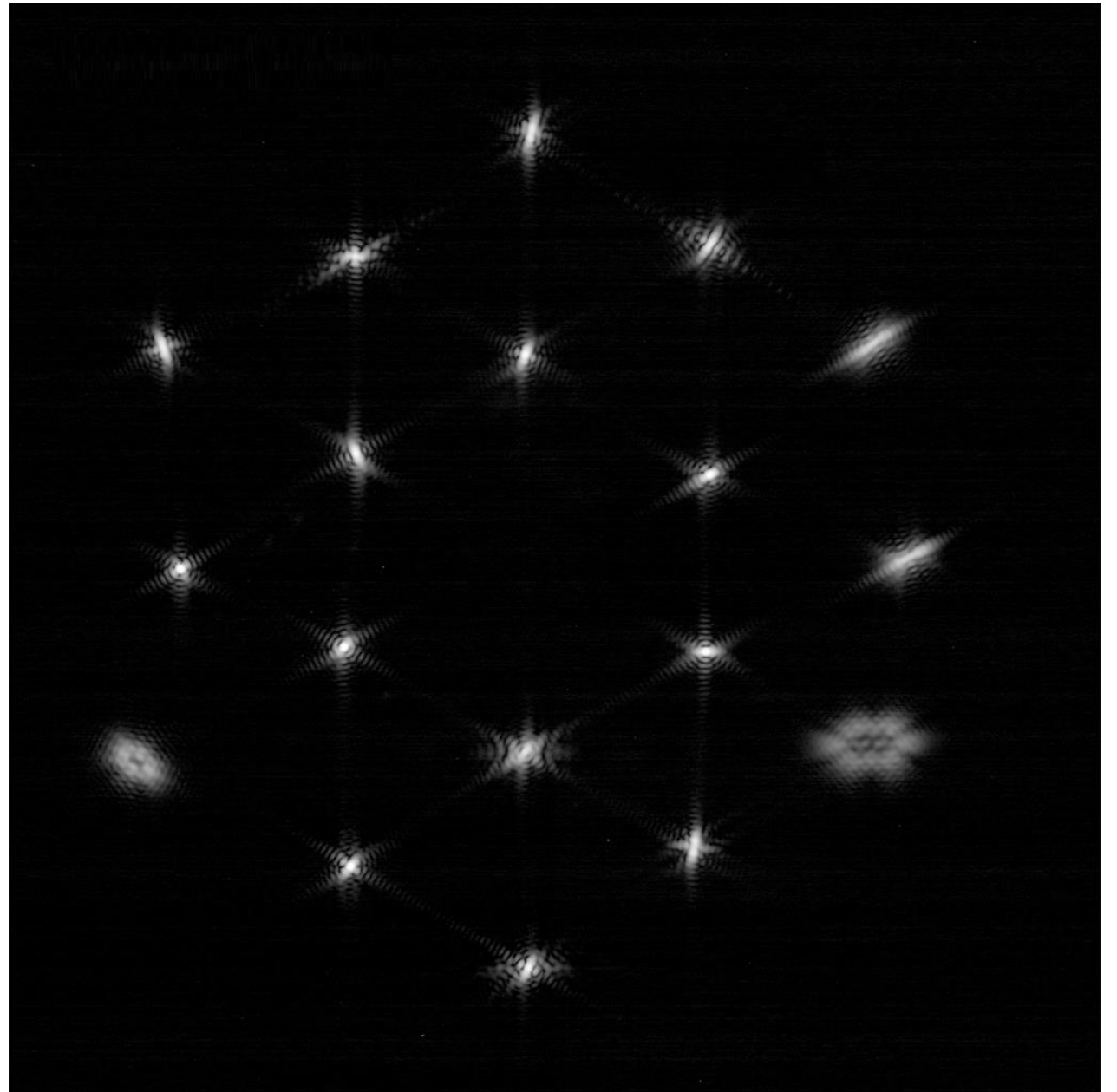
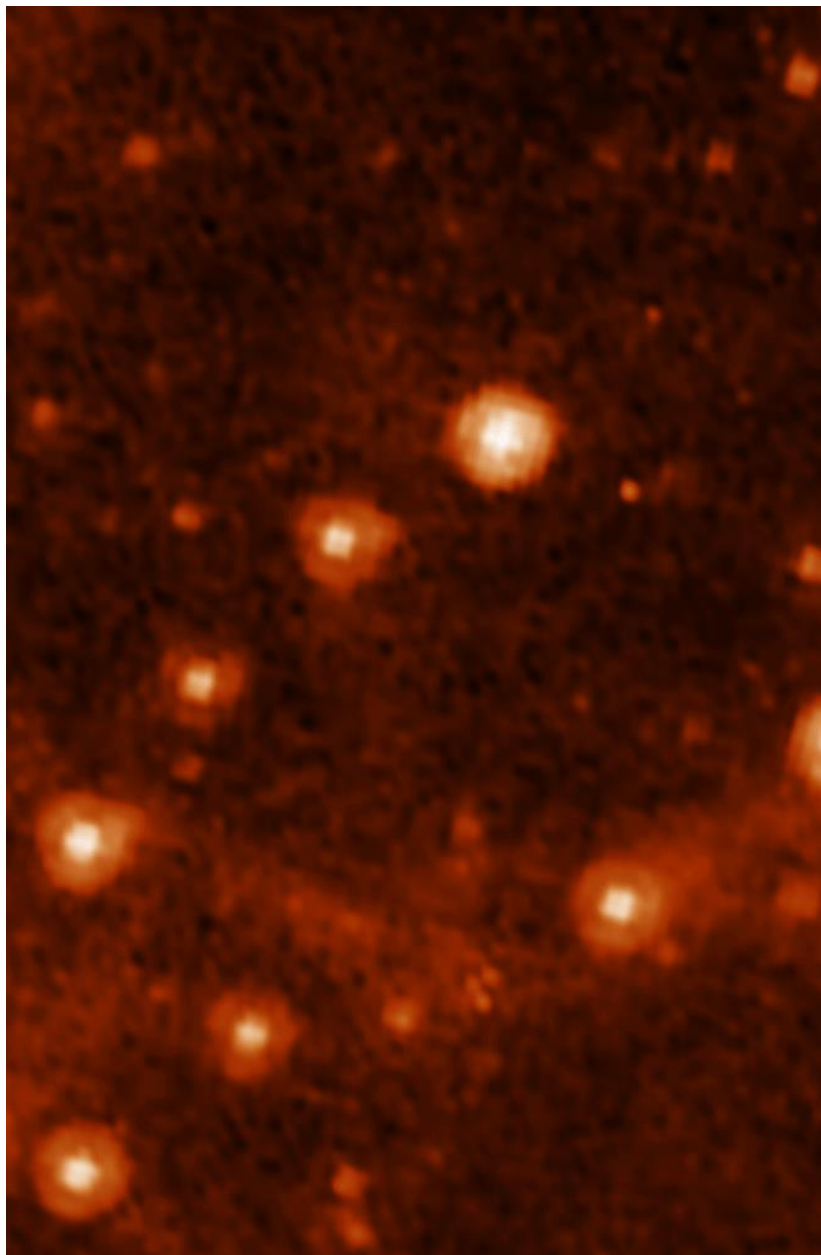


FINE GUIDANCE SENSOR



NIRISS





As primeiras imagens

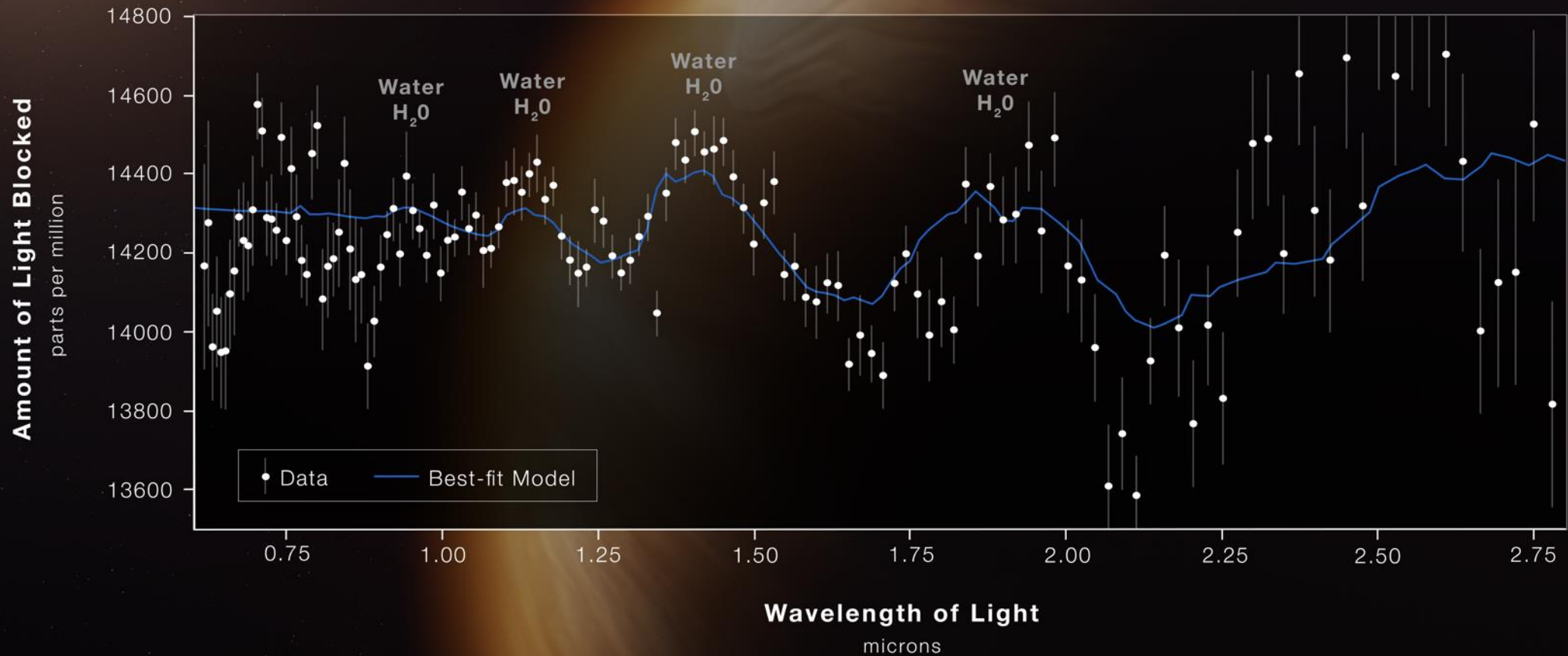


Primeira imagem de campo profundo SMACS 0723

NIRSpec e NIRCам



Exoplaneta | WASP-96 b

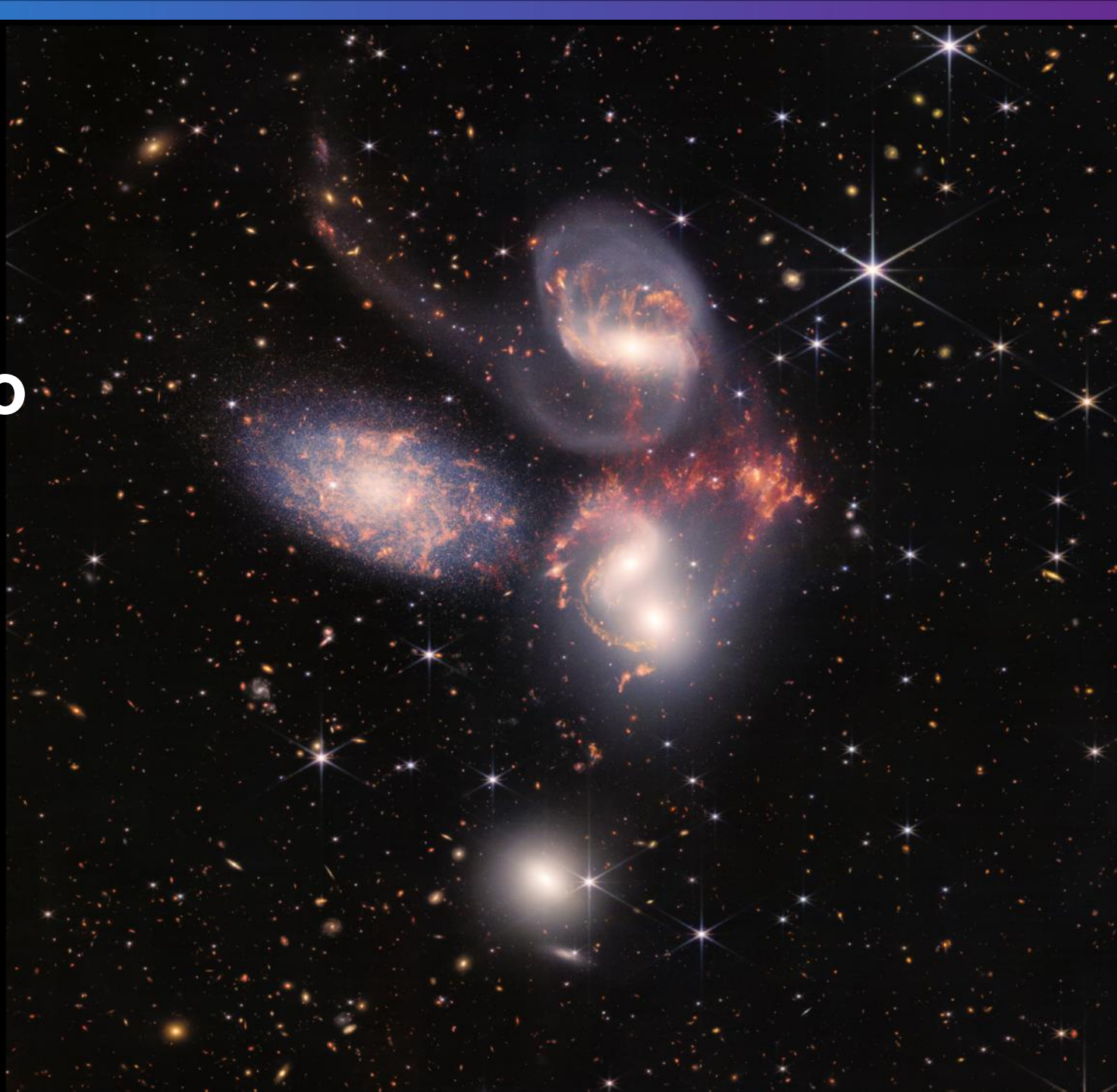


Nebulosa Planetária | Nebulosa do Anel



Galáxias em interação Stephan's Quintet

NIRCam e MIRI



Região de Formação Estelar I Nebulosa Carina



NIRCam

Muitas descobertas a caminho



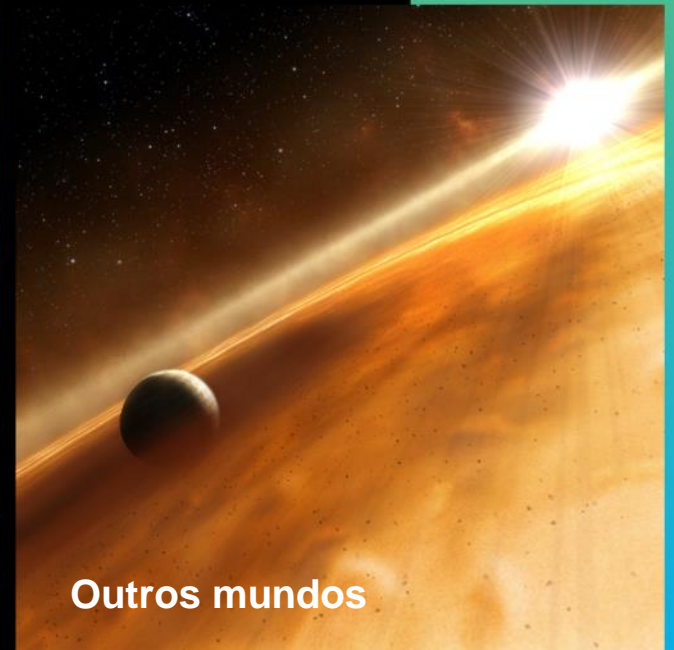
Universo primordial



Galáxias ao longo do tempo



O ciclo da vida das estrelas



Outros mundos

Recursos na página ESERO.pt sobre o JWST!

- Página “[Tudo sobre o Telescópio Espacial James Webb](#)”
- [Sessão online sobre o JWST com vários especialistas](#) (começa aos 4 min)
 - **Primeiros 15 min:** Explicação e revisão das fases de lançamento do JWST
 - **25.15’:** Escudo térmico: demonstração das vantagens do Kapton
 - **29.45’:** Porquê colocar o espelho secundário colocado no foco hiperbólico do primário?
 - **31.30’:** A importância de colocar o JWST no ponto L2 e experiência do chapéu
- [Modelo do JWST em 3D](#)
- [Informação oficial da ESA: Infografia e Webb Launch Kit](#) (com imagens e vídeos)
- [Brochura sobre o JWST em Português](#)
- Sessão online “[ESA Webb Quest](#)” com 2 especialistas

webb

VER MAIS LONGE

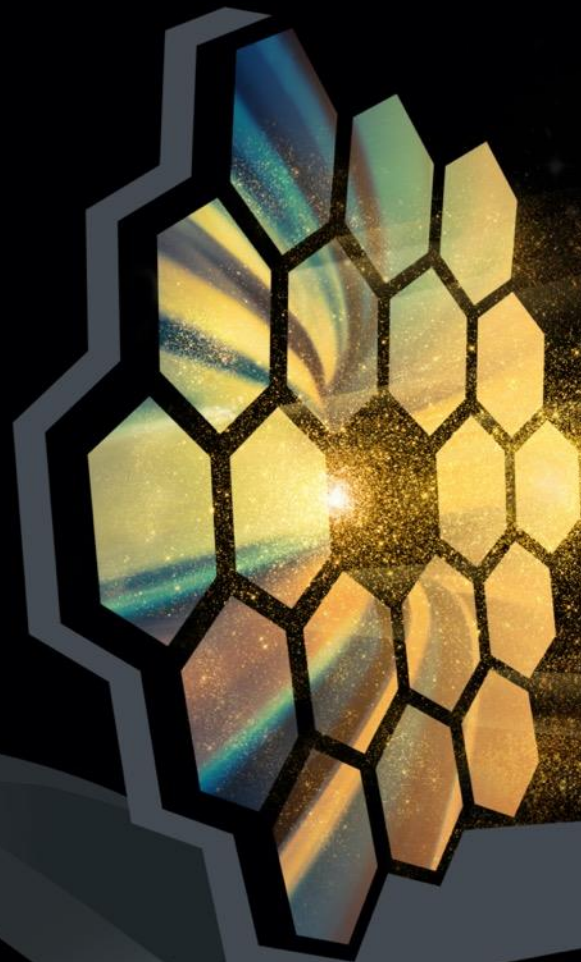


Conclusões

1. A exploração espacial depende da ciência e tecnologia de que dispomos. O desenvolvimento das missões produz conhecimento. O que nos espera? Vamos descobrir o que há por descobrir!
2. Estas atividades podem aplicar-se em planos de aula, de acordo com:
 - a) o currículo em que se está a trabalhar,
 - b) em pequenos projetos interdisciplinares,
 - c) em grandes projetos em DAC (Domínios de Autonomia Curricular),
 - d) ou aplicado a projetos (um completo ou parte de um projeto).



Go go Webb!



WEBB

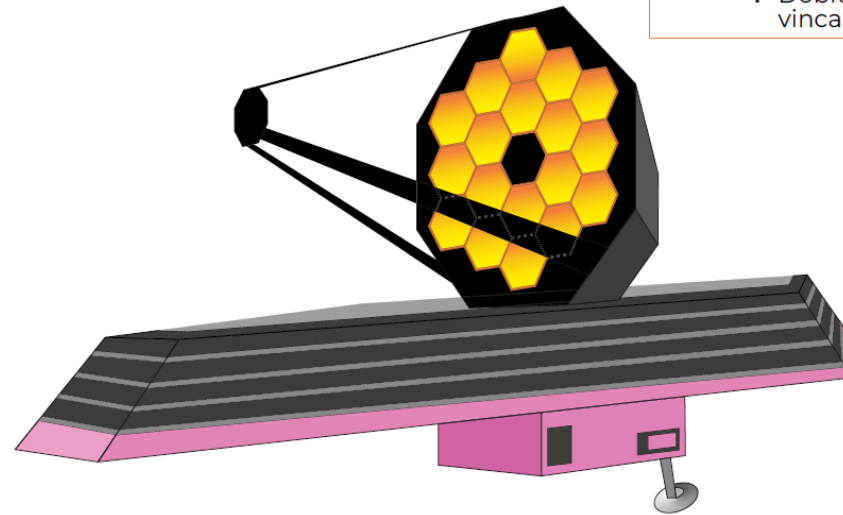
SPACE TELESCOPE

Obrigada!

elsa.moreira@astro.up.pt

MODELO DE PAPEL DO TELESCÓPIO ESPACIAL James Webb

- : Colar
- - - : Dobrar/
vincar



Atividade: Construção de um modelo do JWST

Materiais e dimensões finais:

- Para-sol 39 cm x 25 cm
- 8 Suportes de proteção solar com dimensões 38 cm x 4 cm, feitos de palhetas flexíveis (4 dos suportes não estão à vista; para os apoios laterais do escudo solar).

Espeho secundário
Suportes inferiores do espeho secundário
Sistema de navegação (por baixo do escudo solar)

