

Introdução à Astrofísica

Telescópios

Rogemar A. Riffel

Telescópios

Função: coletar a luz dos objetos, tornando possível o estudo de fontes muito fracas.

Parâmetros fundamentais: Abertura da superfície primária (D), que coleta a luz, e pela distância focal (F) da mesma.

Detecção da luz coletada: exige um outro dispositivo, o detector, no plano focal do telescópio. Exemplos de detectores: olho, placa fotográfica, CCD.

Tipos de Telescópios

Refrator: Lentes

Refletor: Espelhos

Catadióptrico: Espelhos e Lentes

Refratores



Duas Lentes

- ▶ **Objetiva:** Coleta a luz e forma a imagem no plano focal.
- ▶ **Ocular:** É colocada no plano focal e amplia a imagem.

Vantagens: Requerem pouca manutenção
Possuem tubos fechados que o protegem da poeira e reduzem a degradação da imagem causada por correntes de ar.

Desvantagens: Aberturas pequenas
Alto custo (por cm de abert.)
Aberração cromática
Imagem invertida (usando 1 espelho antes da ocular)

Yerkes: Maior Refrator
(D=102cm); Finalizado em 1895

Refletores

Espelhos

Objetiva: Espelho

Ocular: Lentes (instrumentos)
no plano focal e amplia a imagem.

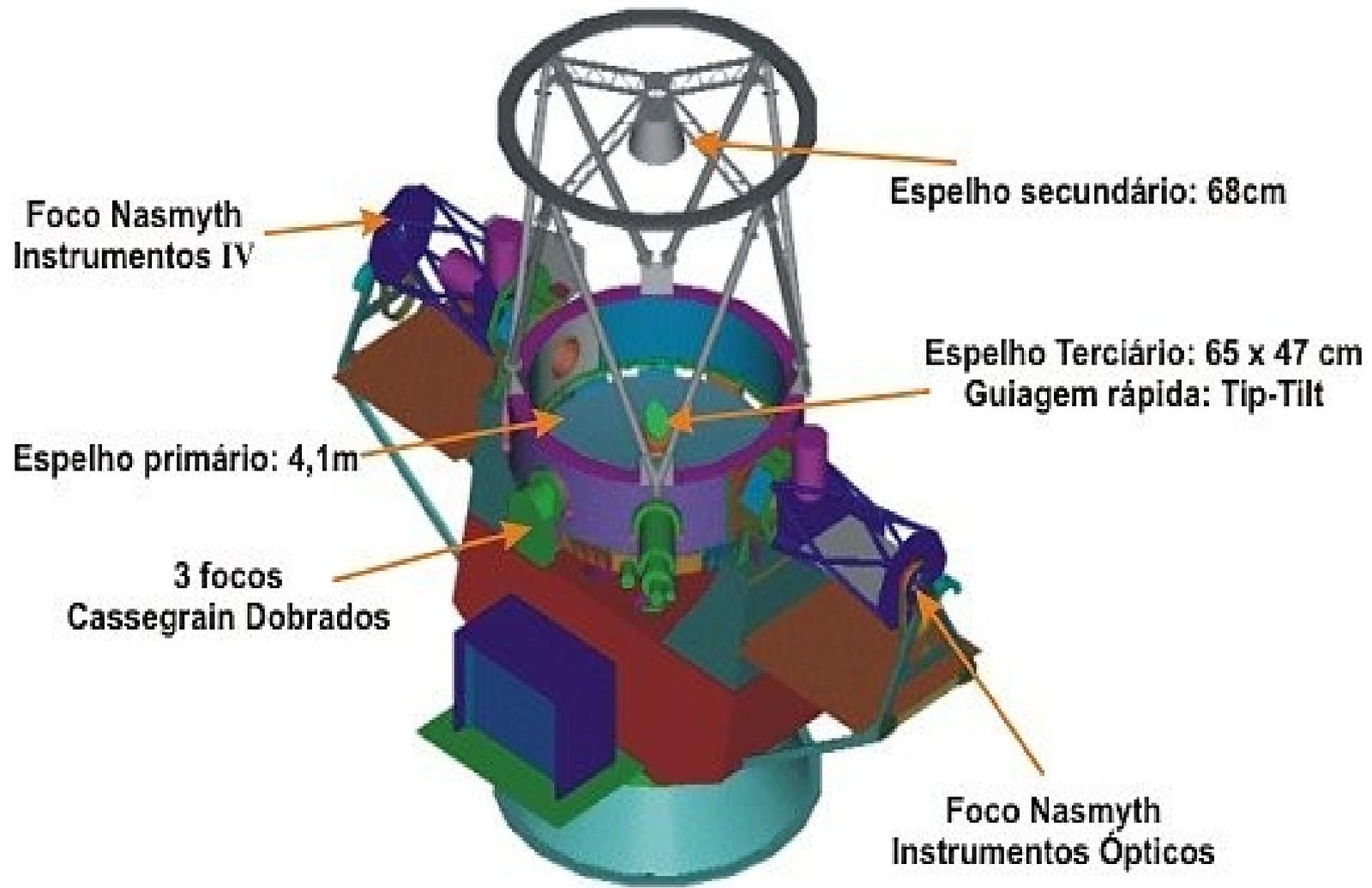
Vantagens: Menor custo por cm de abertura
Qualidade ótica bastante alta
Podem ser muito maiores
Imagem direita (2 espelhos)

Desvantagens: Mais manutenção
Tubo aberto (poeira,
umidade => degrada imagem)
Aberração esférica
Coma



SOAR (4 m)

Refletores

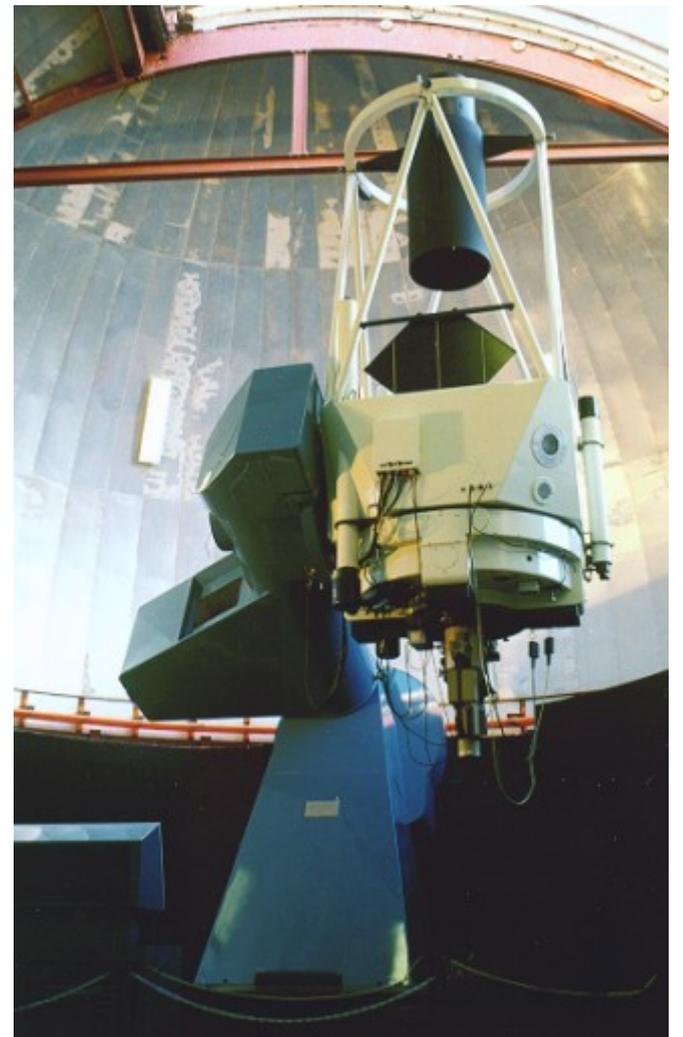


SOAR

Refletores



Gemini-Sul (8 m)



**Observatório Pico dos Dias
Perkin-Elmer (1,6 m)
IAG e Zeiss (0,6 m)**

Catadióptricos

Espelhos e Lentes



Celestron XLT 8"

Vantagens: Leves e fáceis de carregar

Desvantagens: Imagem um pouco menos nítida do que em um refletor de mesma abertura

Imagem invertida e espelhada

Alguns parâmetros importantes

$F = D/f$ (razão de abertura = abertura/distância focal)

Razão focal: f/n ($n=f/D$) $\Rightarrow f/8 \dots f/15 \Rightarrow$ telescópios típicos
 $\Rightarrow f/10$ ou mais: ideais para a observação de objetos luminosos como a Lua e planetas
 $\Rightarrow f/6$ ou menos: objetos tênues, como galáxias e nebulosas.

Ampliação: $w=f/f'$ (f é a distância focal da objetiva e f' é a distância focal da ocular)

Ampliação máxima: $(50-60) \times \text{Diâmetro}(\text{''})$

Tipos de montagens de telescópios

Montagem equatorial: Movimento se dá em torno de eixo polar e eixo equatorial

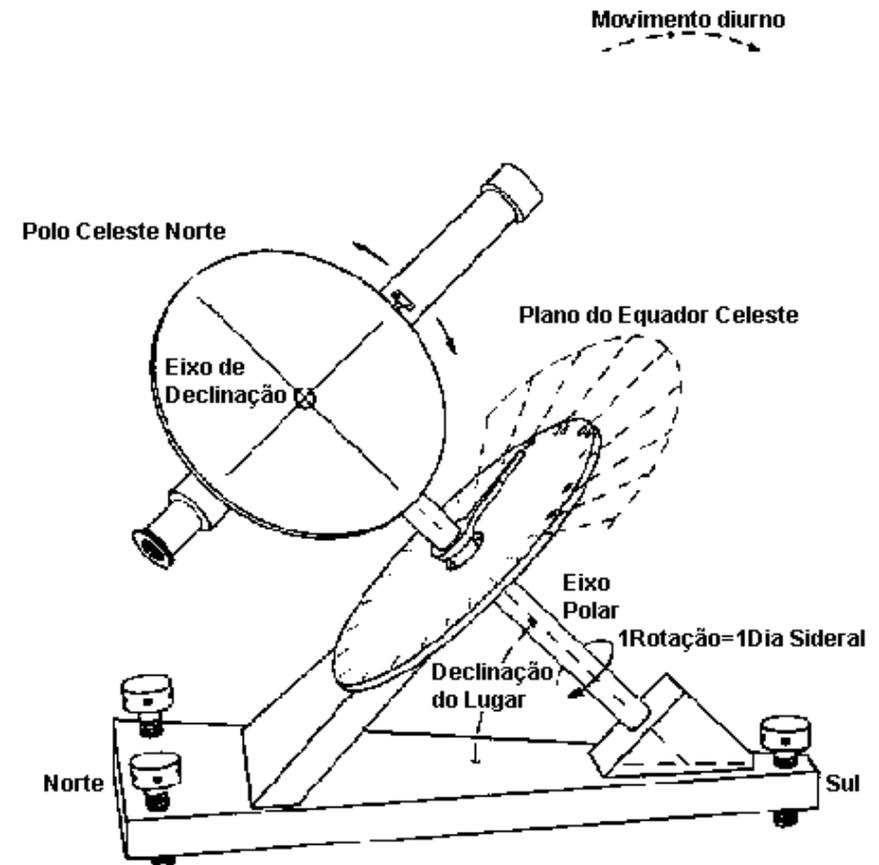
Basta compensar o movimento de rotação da Terra para acompanhar o astro. Motor e passo...



Pólo celeste

Yerkes

MONTAGEM EQUATORIAL



Tipos de montagens de telescópios

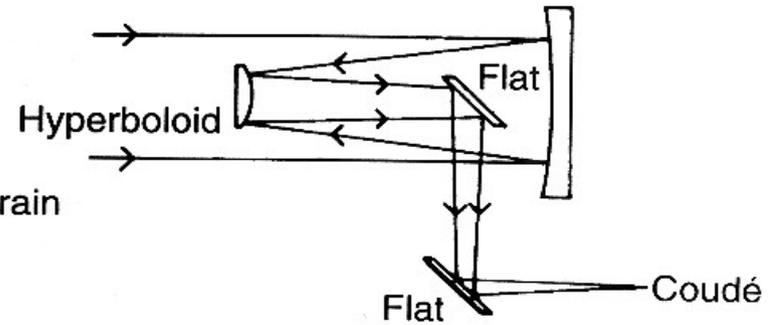
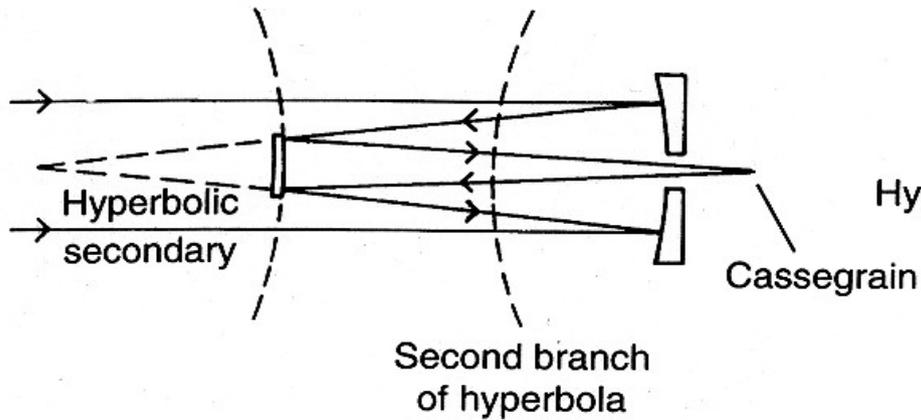
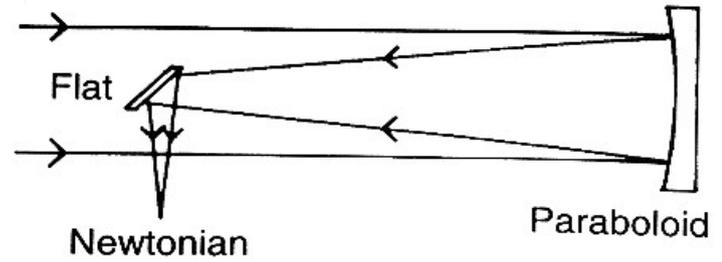
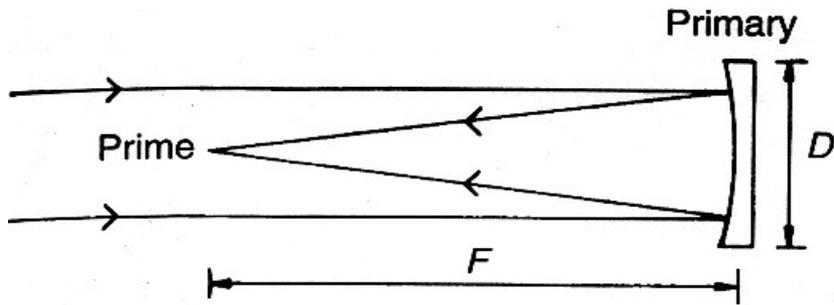
Montagem alto-azimutal: Movimento se dá em torno do eixo horizontal e vertical (movimenta-se para cima e para baixo; para esquerda e direita).

Baixo custo => grandes telescópios

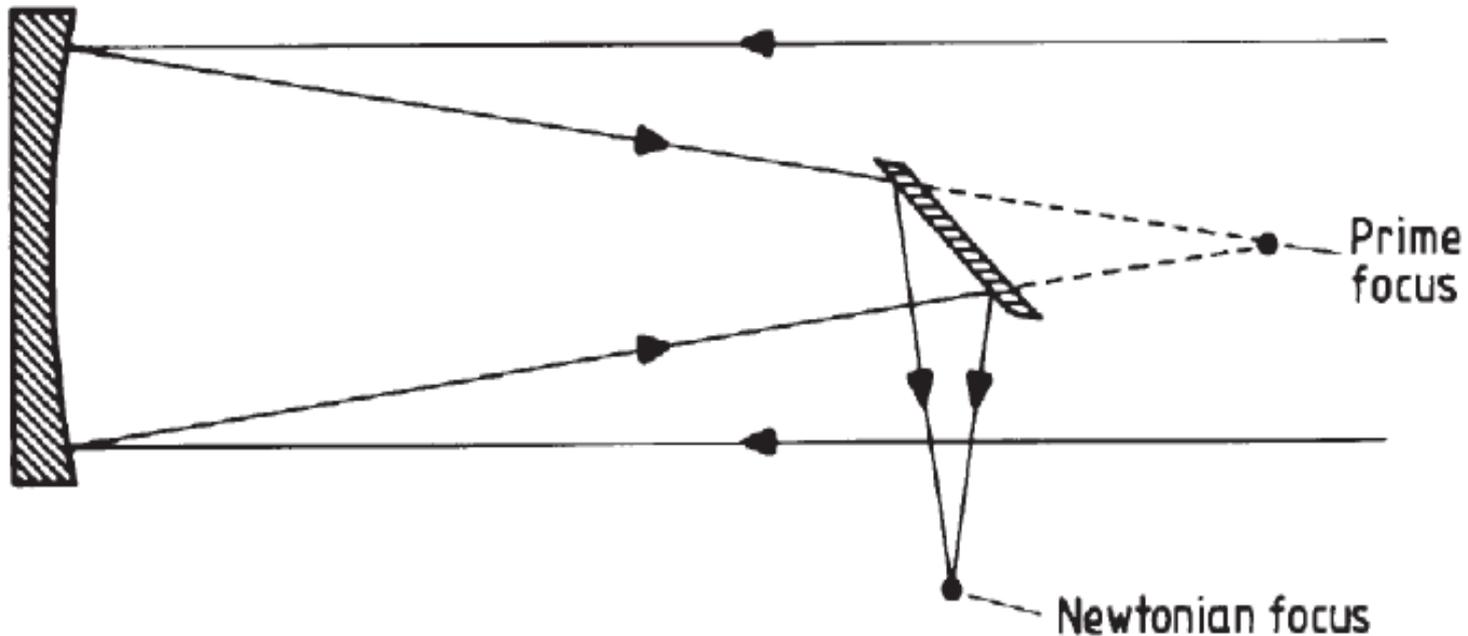


SOAR - 4m

Tipos de Focos



Foco Newtoniano

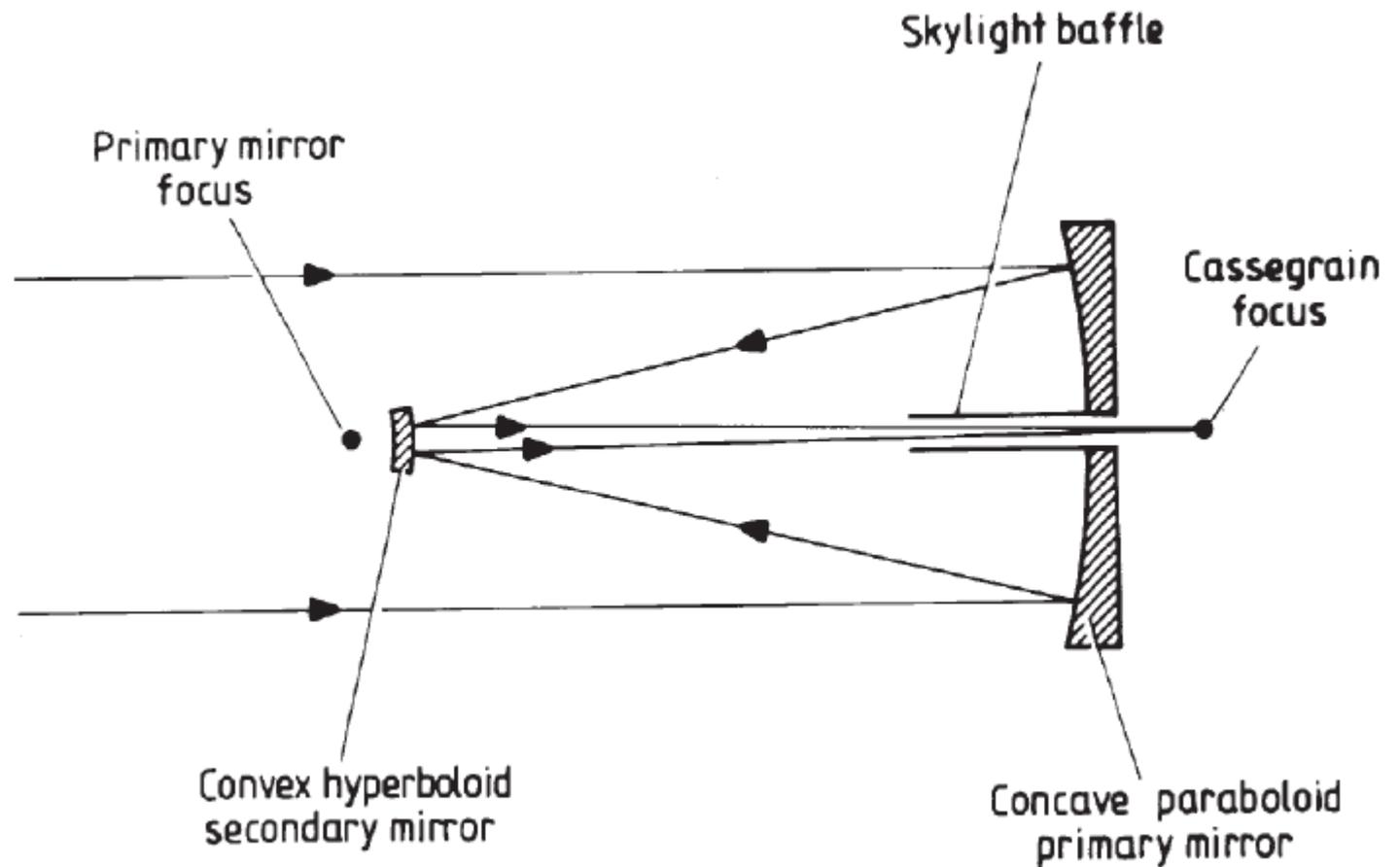


=> Primário parabólico ou hiperbólico e secundário plano. Sem aberração esférica, mas com coma.

=> Comum em telescópios amadores.

=> Pouco usado profissionalmente.

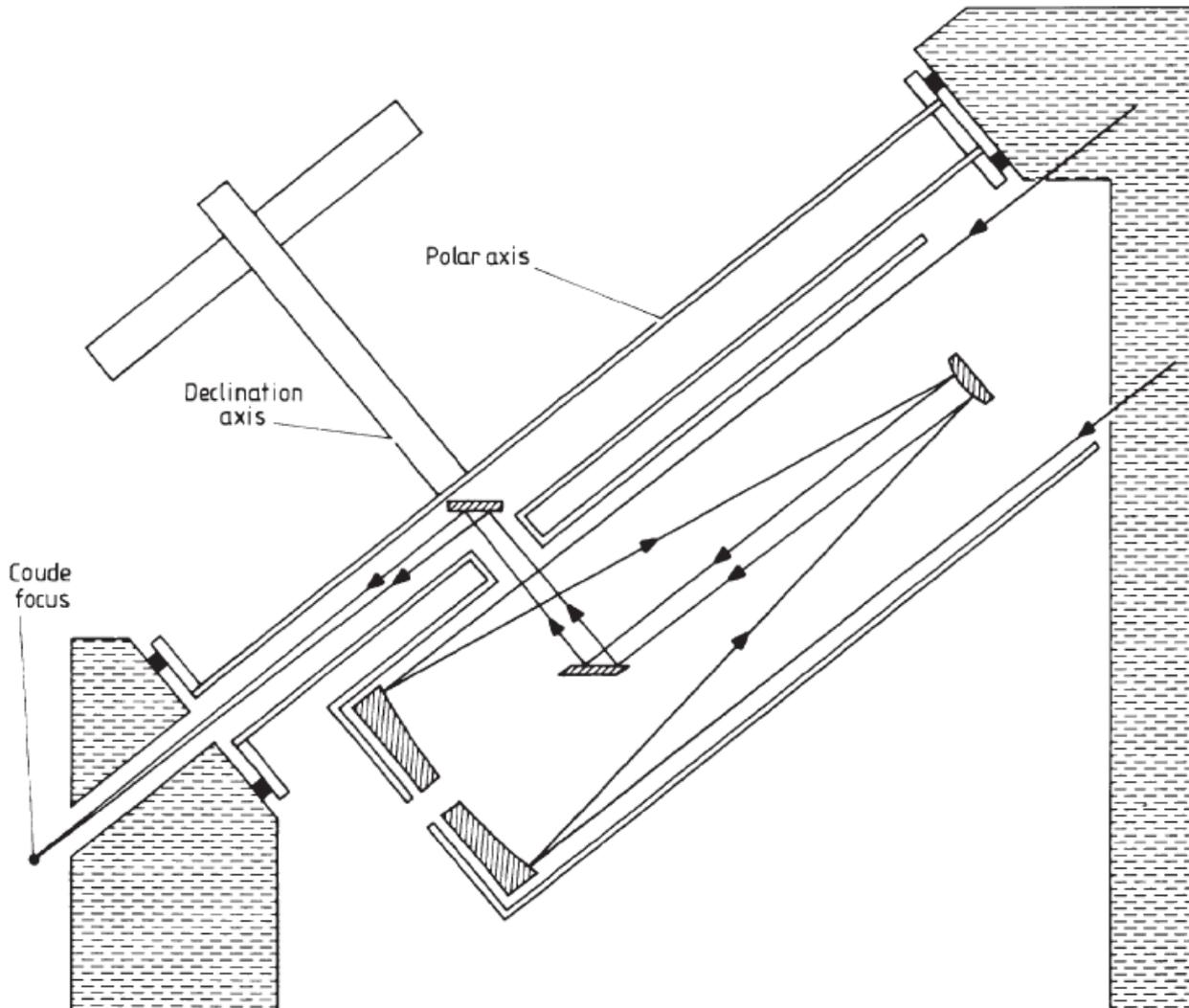
Foco Cassegrain



=> Primário parabólico (sem aberração esférica) e secundário hiperbólico (diminui o coma).

=> Bastante usado profissionalmente.

Foco Coudé



=> Grande razão focal ($f/25$ a $f/40$) e fixo no solo.

=> Permite uso de instrumentos pesados.

=> Perda de sinal com múltiplas reflexões.

Foco Nasmyth

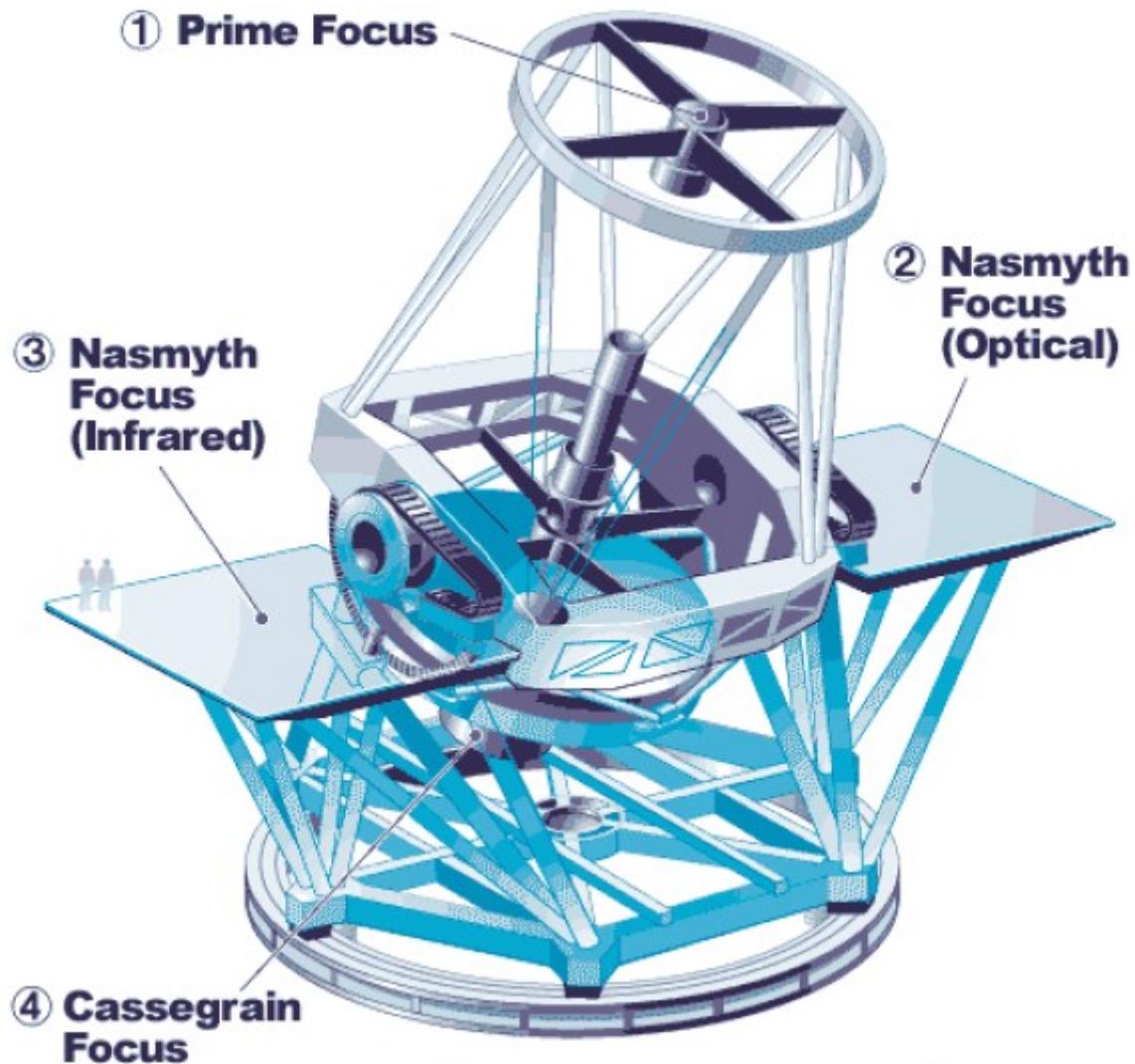


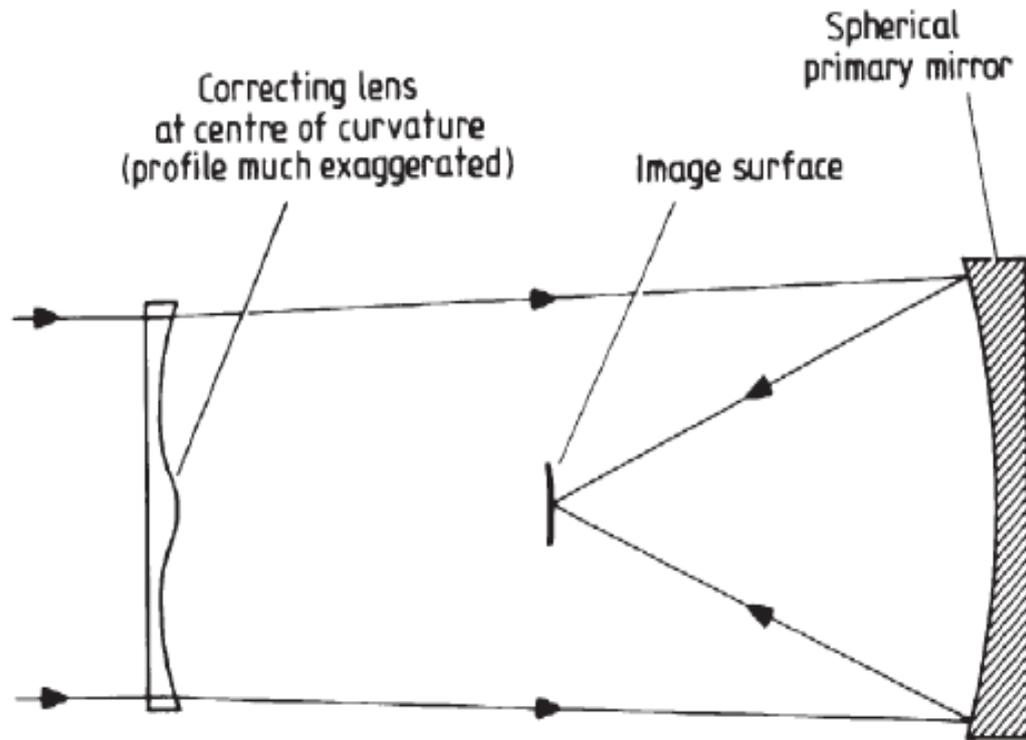
Illustration by Kouetsu Endo, taken from Nikkei Science 1996

=> Fixo como o de Coudé

=> Aplica-se a montagem alto-azimutal.

=> Grandes telescópios

Câmara de Schmidt



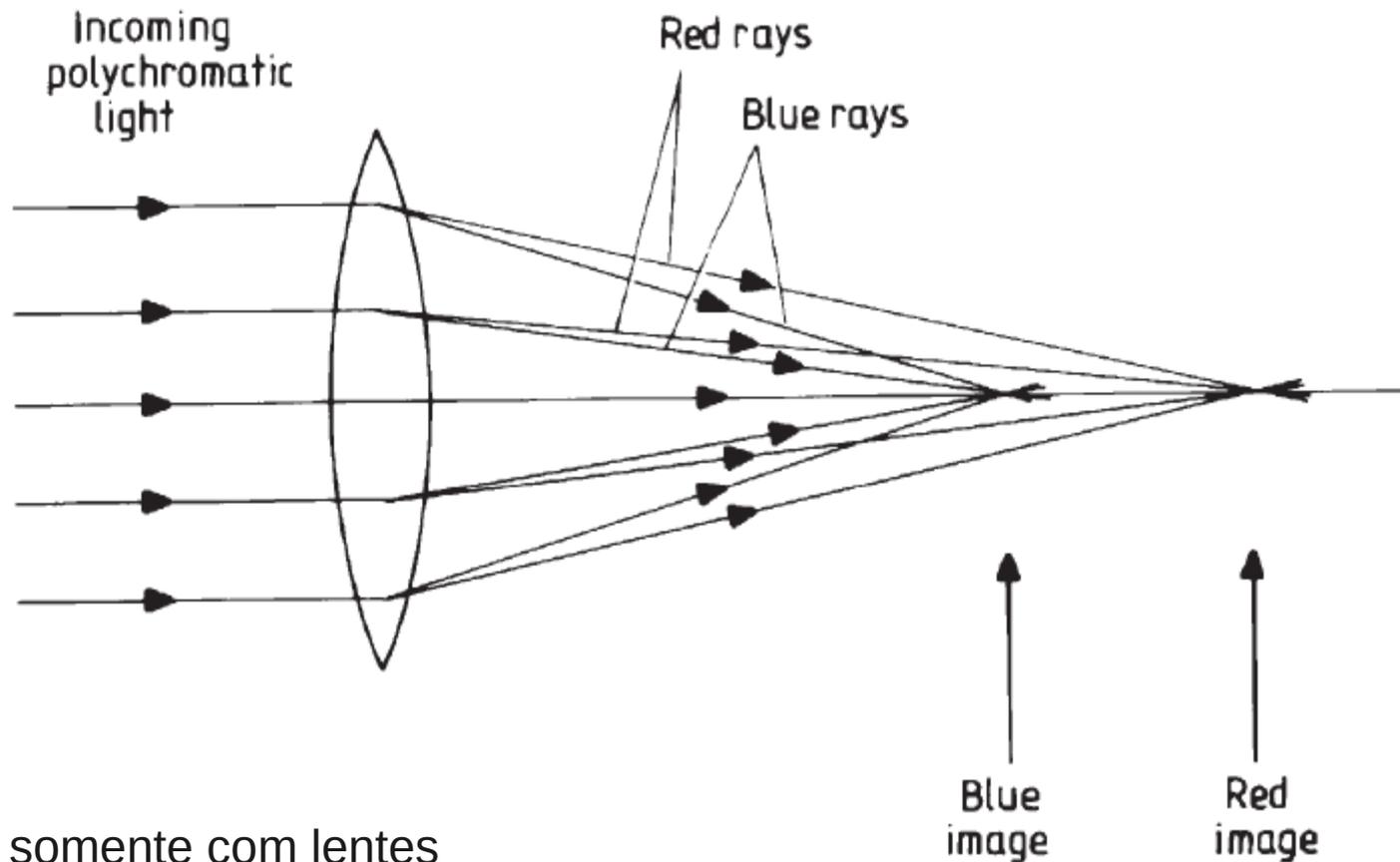
=> Sistema catadióptrico

=> Primário esférico com lente corretora.

=> Grande campo, sem aberrações.

=> Telescópios amadores.

Aberração Cromática



- Ocorre somente com lentes
- O índice de refração varia com λ
- O foco se forma mais perto da objetiva λ para λ menor

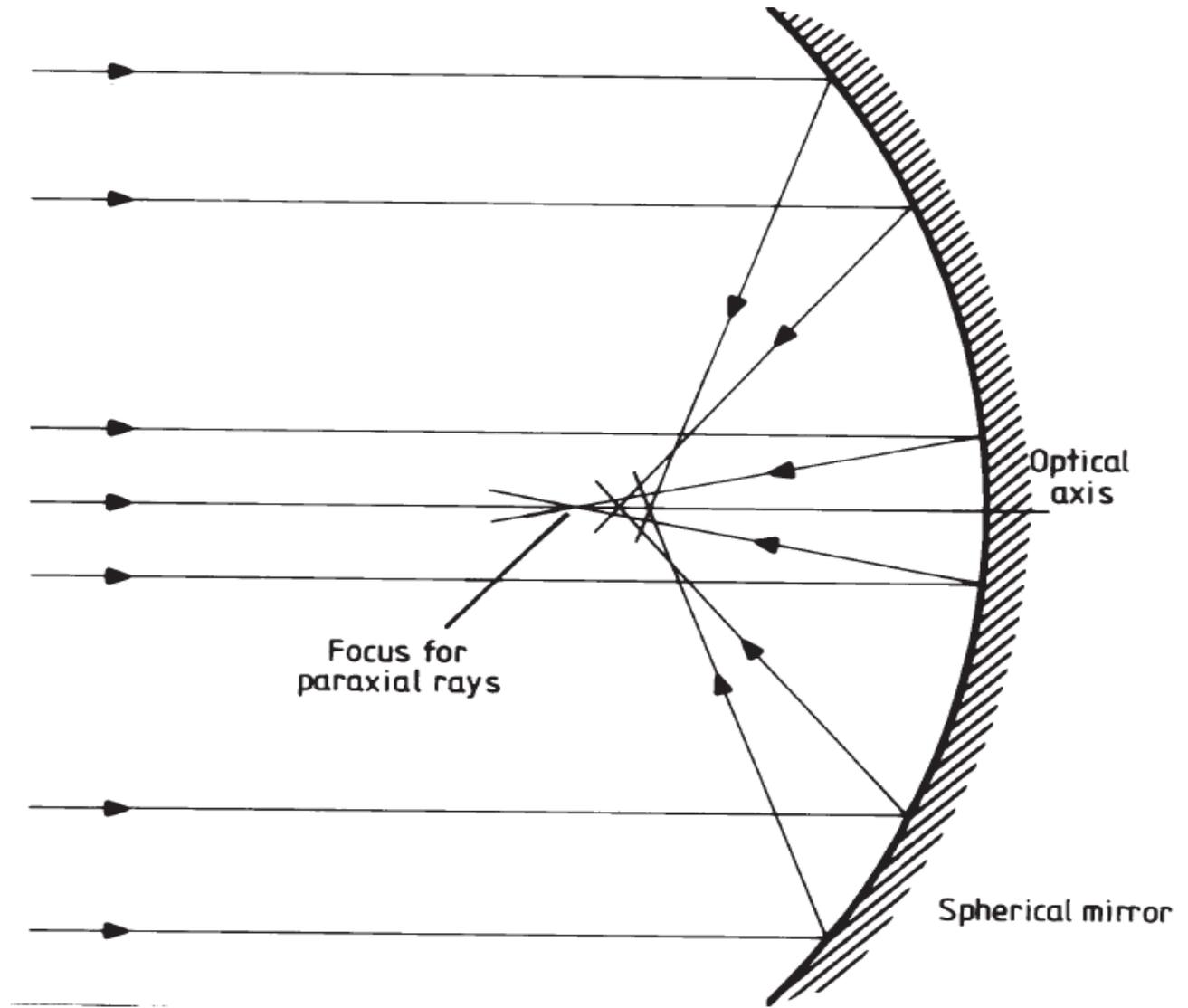
Solução: Lentes acromáticas combinando dois ou mais tipos de vidros.

Aberração Esférica

Superfícies coletoras esféricas

Foco se forma antes para feixes que incidem nas bordas.

Correção: Superfícies parabólicas ou hiperbólicas



COMA

- Superfícies parabólicas, hiperbólicas.
- Efeito que se amplia com a distância da imagem ao eixo focal.
- Efeito inversamente proporcional ao quadrado da razão focal: $1/(F/D)^2$

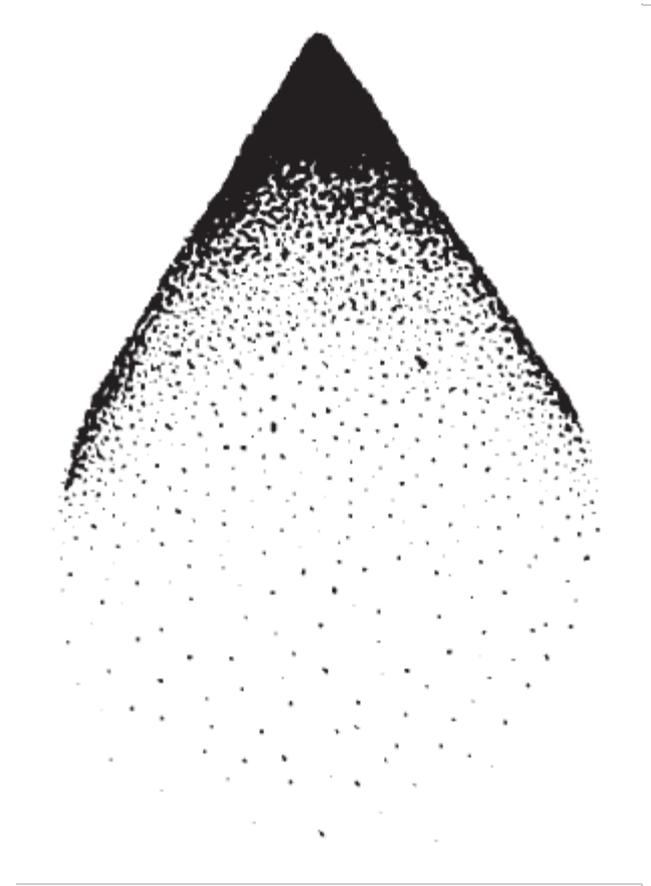
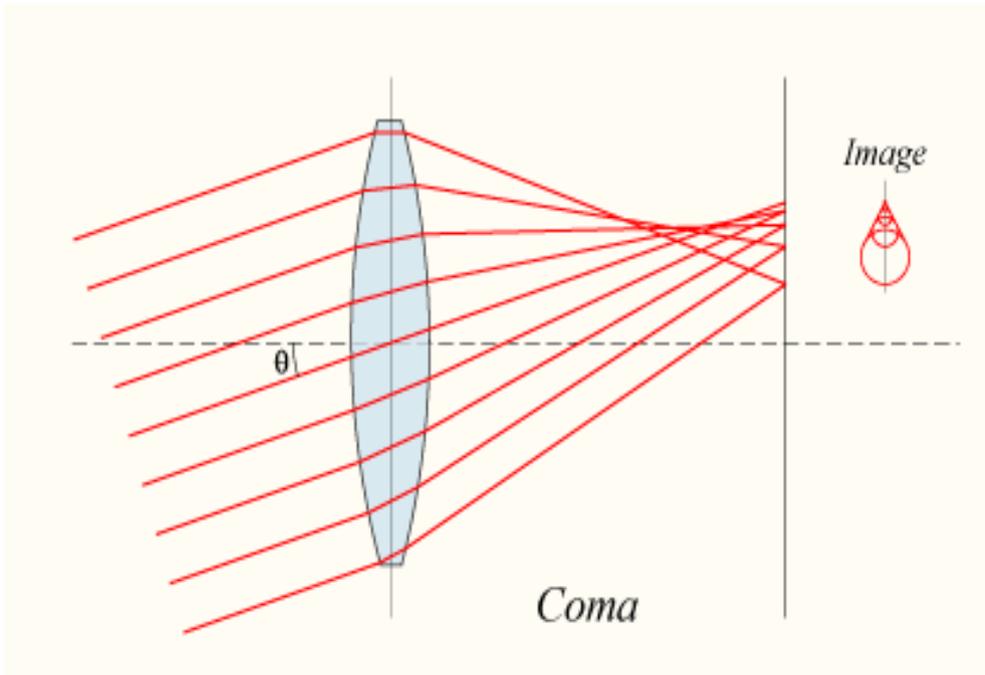
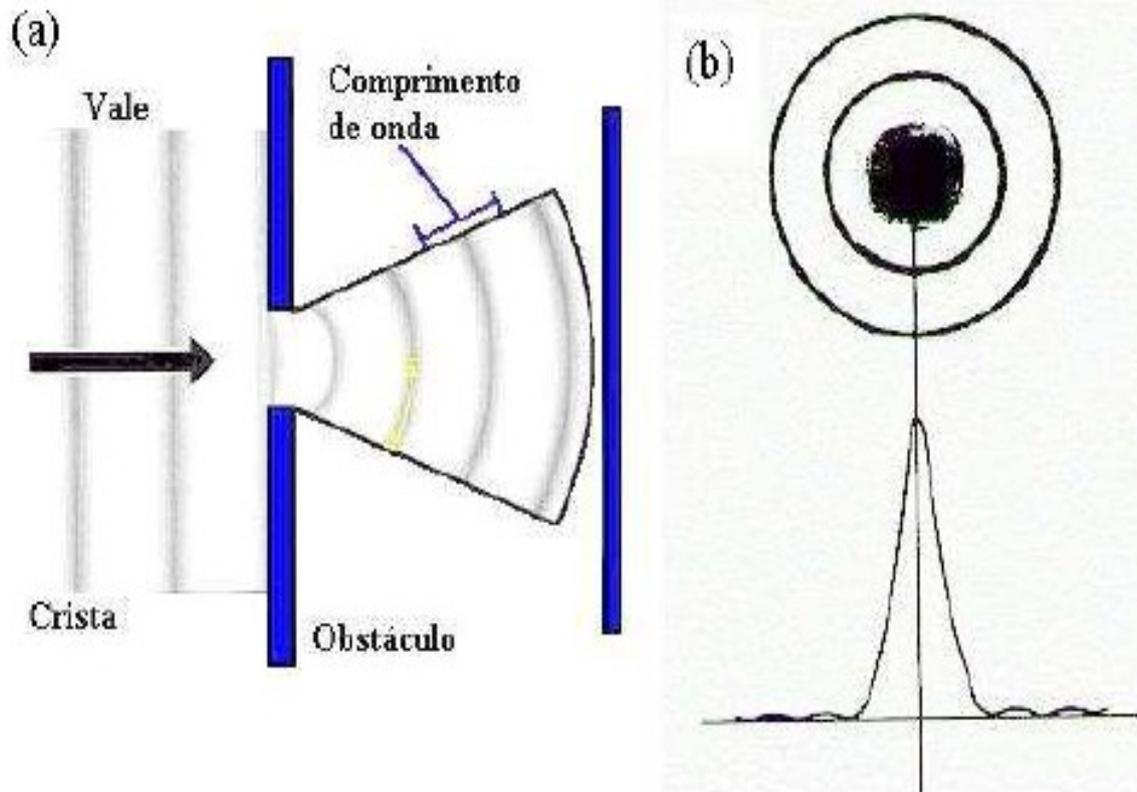


Imagem de uma fonte pontual

Efeitos da Atmosfera: Difração



Difração em abertura circular => perda de resolução da imagem

Resolução Angular Mínima: Definida pelo padrão de difração da luz ao passar por uma abertura circular D

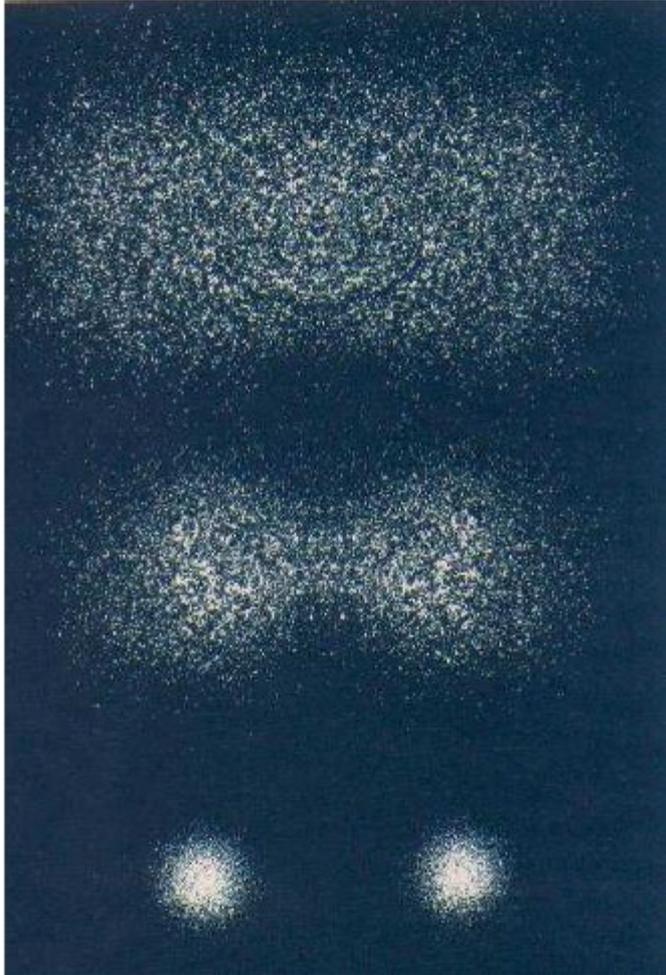
$$\theta = 1,22\lambda/D$$

Para um telescópio de 1.6 m

Visível (400 nm) => $\theta = 0,06''$

IR (10 μm) => $\theta = 1,5''$

Efeitos da Atmosfera: Difração



Θ



Poder
resolutor

Efeitos da Atmosfera: *Seeing*

Turbulência atmosférica => refração na atmosfera altera a direção do feixe de luz

Seeing: Medida desta turbulência => Quanto uma fonte pontual parece não pontual devido a refração na atmosfera

Gemini: cerro Pachon (Andes chilenos)

Melhorar o Seeing:

=> Altas altitudes

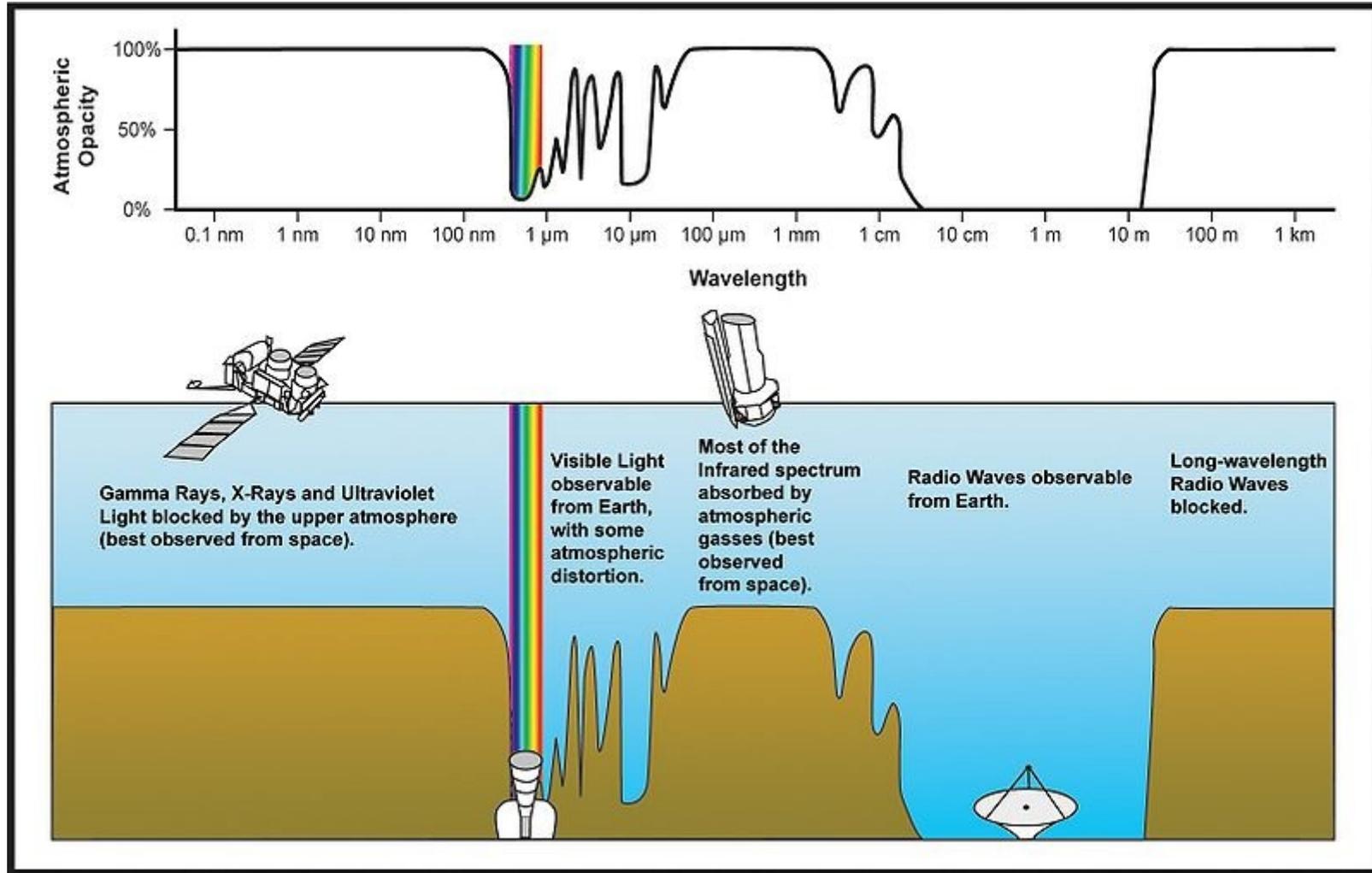
=> Clima seco

=> Afastado de cidades: menos poluição e luz

Seeing em sitios bons: ~1''



Efeitos da Atmosfera: Janelas atmosféricas

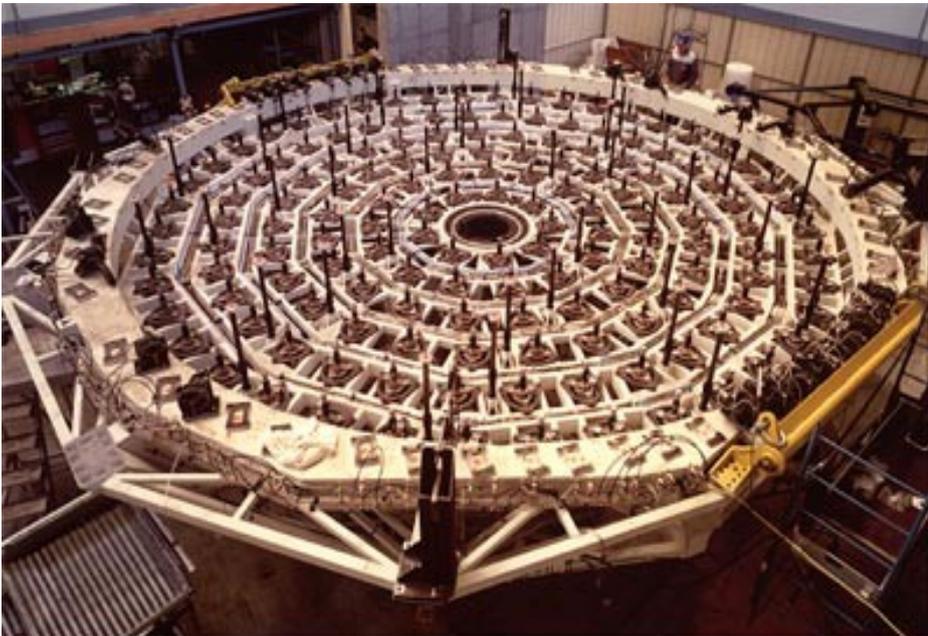


- Da superfície somente pode-se detectar radiação ótica, partes do IV e rádio
- Astronomia Espacial: Demais bandas espectrais

Novas técnicas para melhorar qualidade de imagem

Grandes telescópios => Espelhos muito finos (Gemini - 8m)
=> Mosáico de espelhos (Keck – 10m => mosaico formado por 36 espelhos hexagonais de 1,8 m de diâmetro)

Ótica Ativa: Múltiplos atuadores corrigem a forma do espelho para evitar deformações.

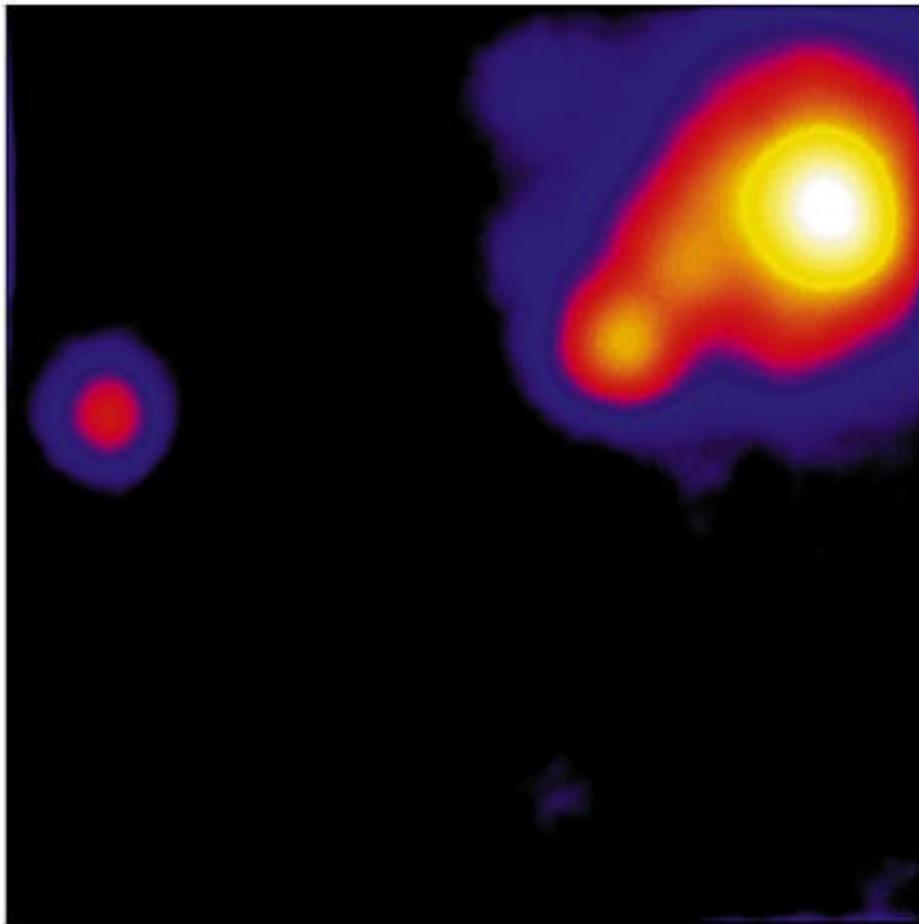


150 atuadores no VLT (8 m)

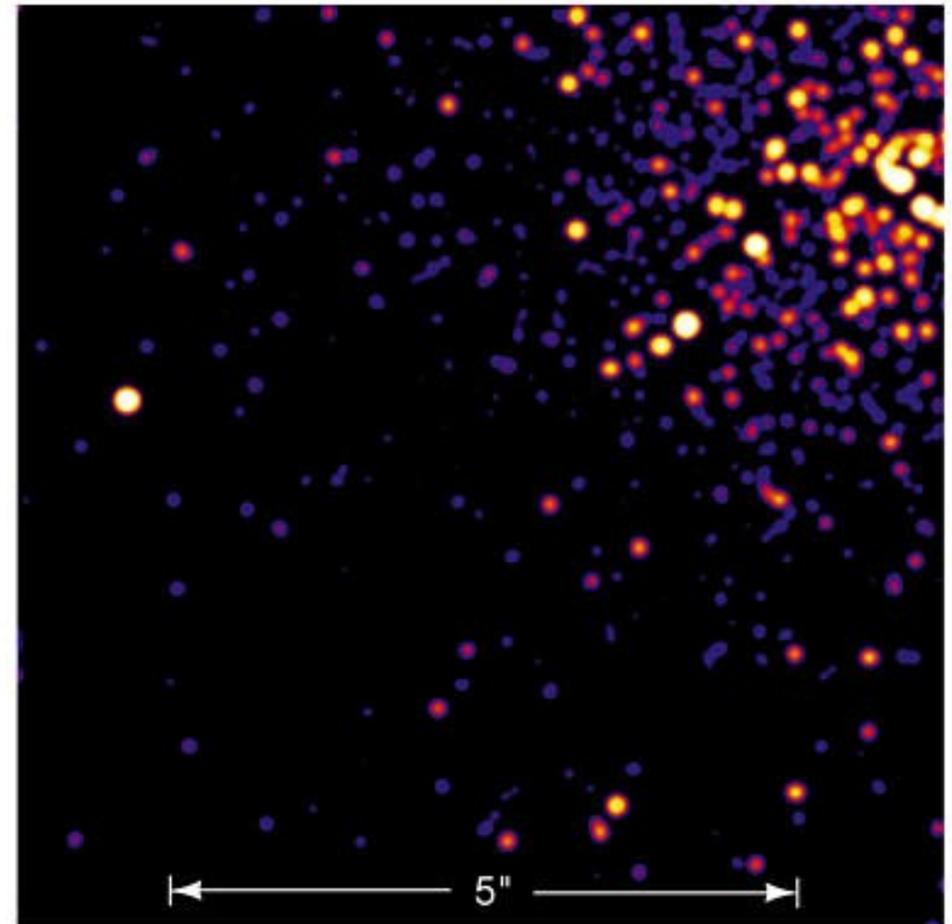
Active Mirror Supports in VLT M1 Cell

Novas técnicas para melhorar qualidade de imagem

Sem Ótica Ativa

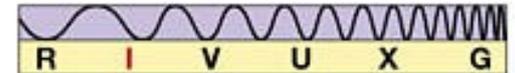


Com Ótica Ativa



(a)

(b)



Novas técnicas para melhorar qualidade de imagem

Ótica Adaptativa: => monitora-se uma estrela de referência (ou feixe laser) para obter a forma do *seeing*.

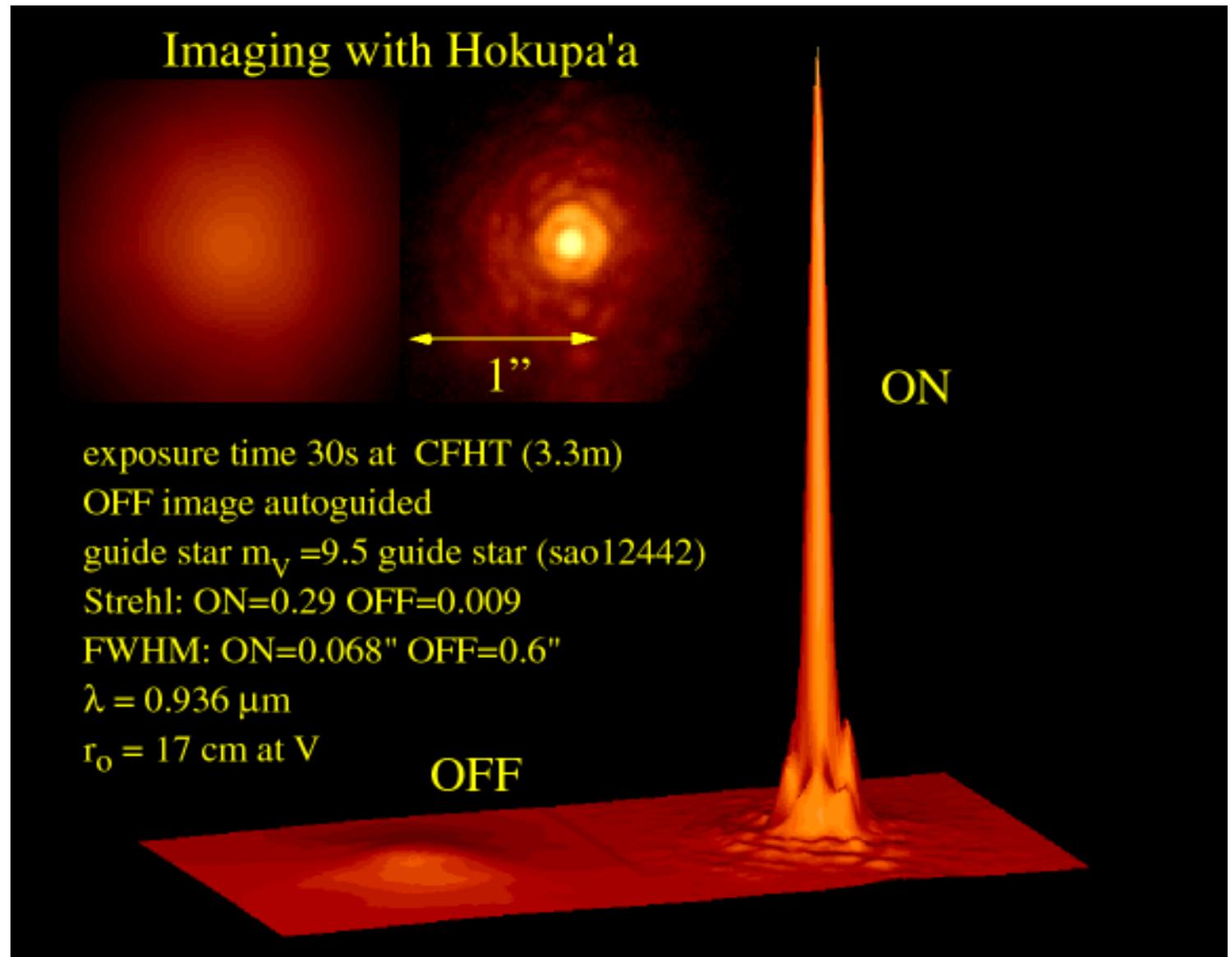
=> Ajusta-se a forma do espelho primário para tornar a imagem de referência mais concentrada possível (centenas a milhares de vezes/seg.)



Gemini Norte

Novas técnicas para melhorar qualidade de imagem

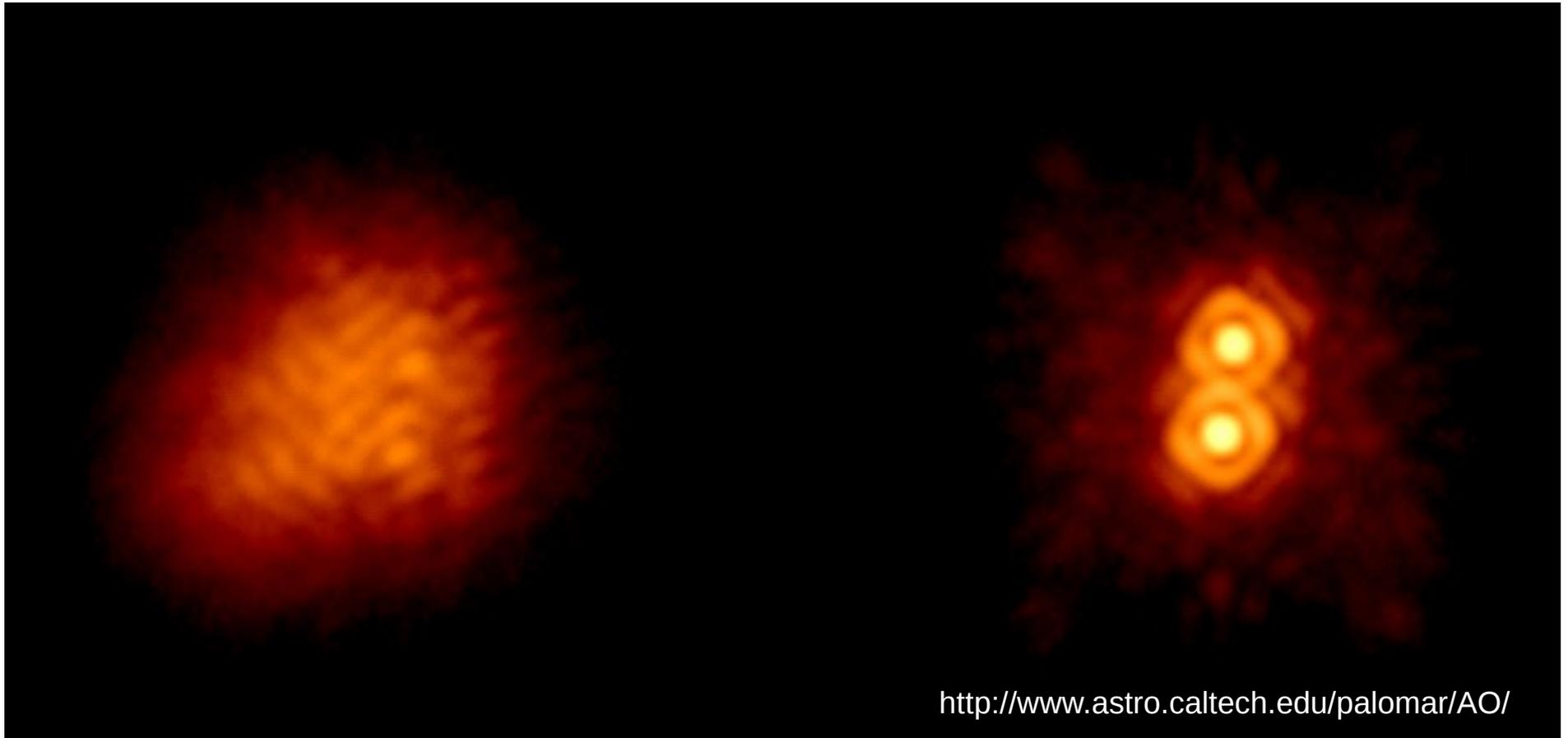
Ótica Adaptativa



Novas técnicas para melhorar qualidade de imagem

Sem Ótica Adaptativa

Com Ótica Adaptativa



Estrela binária Iota Tau: Separação angular 0,3" - Observatório Palomar

Com ótica adaptativa chega-se a resoluções de 0,1" (comparáveis ao telescópio espacial)

Detectores

=> Olho

=> Placa fotográfica

=> CCD (Charge Coupled Device): Superfície feita de diodos de silício sensíveis a luz, arranjados em uma matriz retangular de pixels

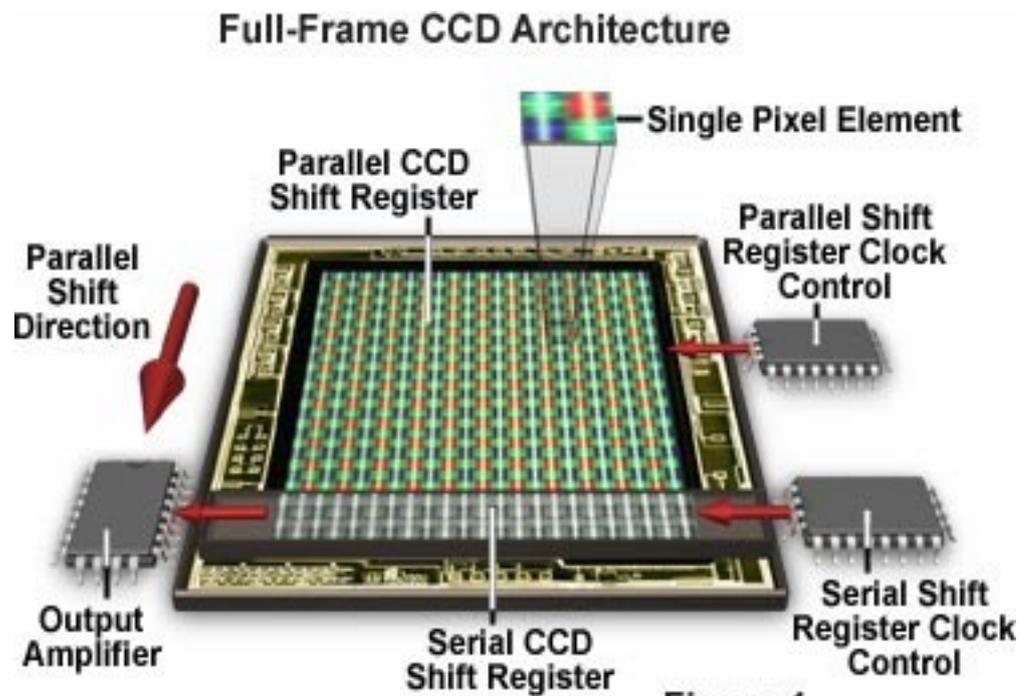


Figure 1

Radiotelescópios

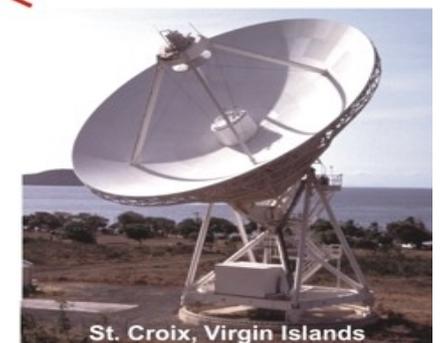
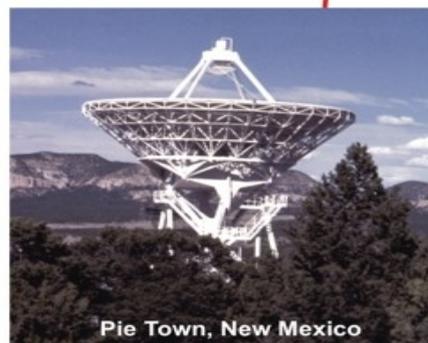
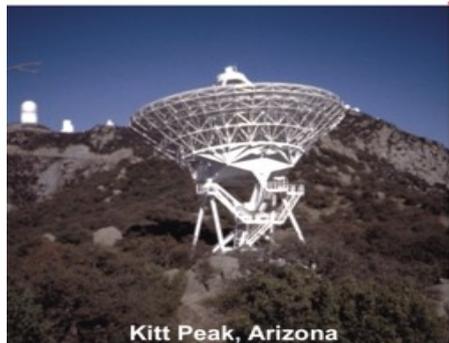
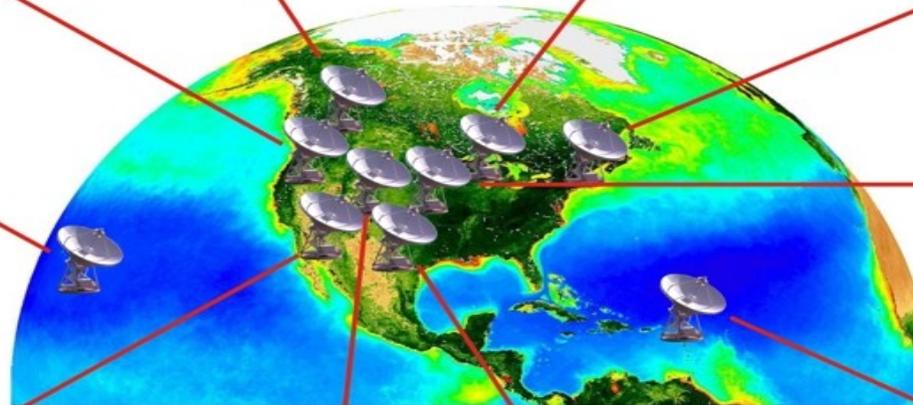
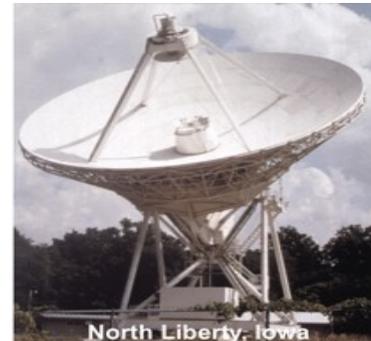
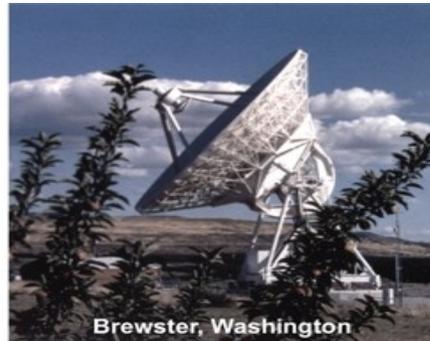


Nobeyama – 45m



Very Large Array (VLA): Interferometria com 27 antenas de 25 m de diâmetro cada

Radiotelescópios



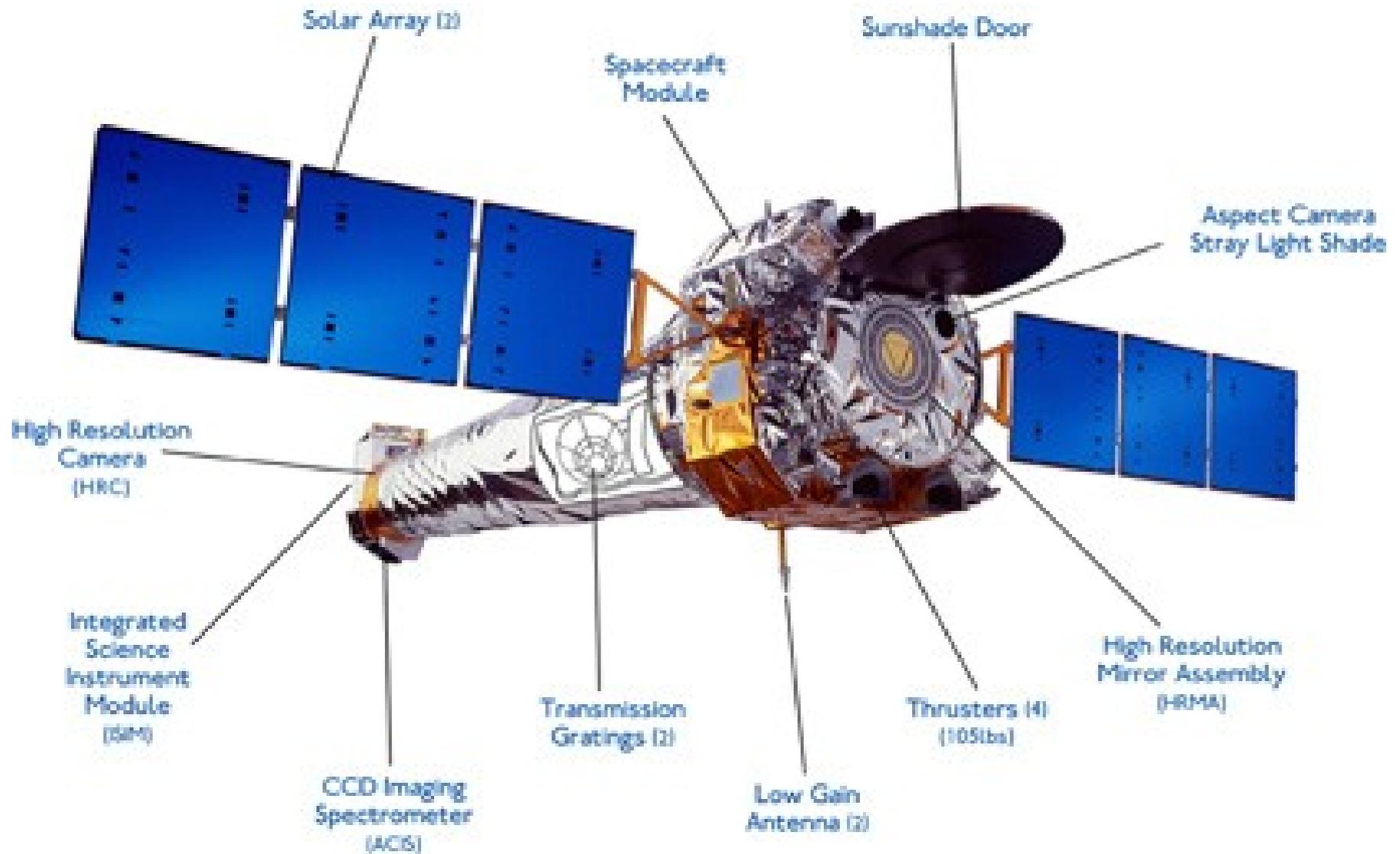
Very Long Baseline Array (VLBA): 10 antenas de 25m combinadas para formar um interferômetro de 8000 km.

Telescópio Espacial Hubble (HST)



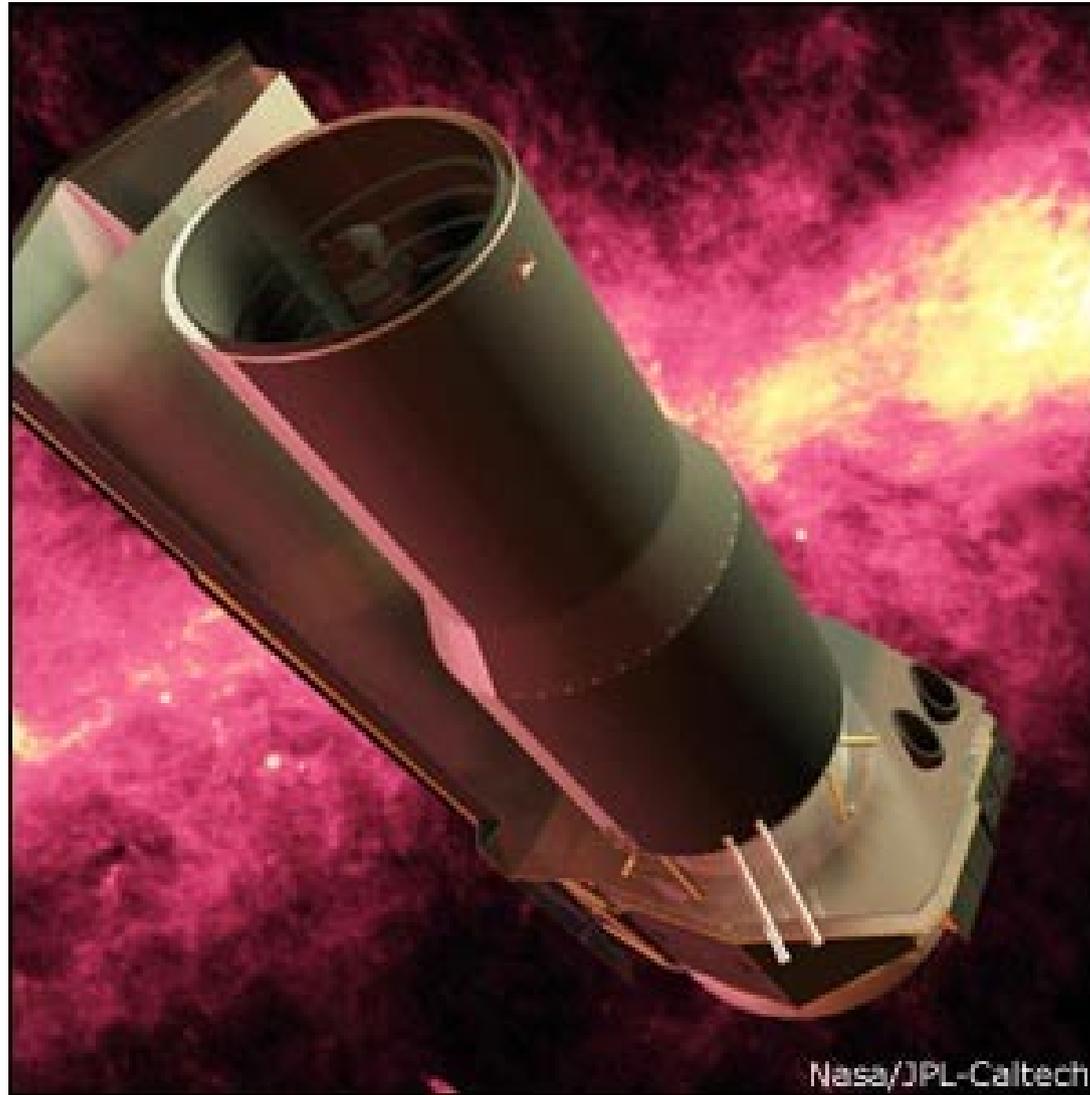
Ótico, IV e UV => 2,4 m de diâmetro => Vantagem: Fora da Atmosfera

Chandra



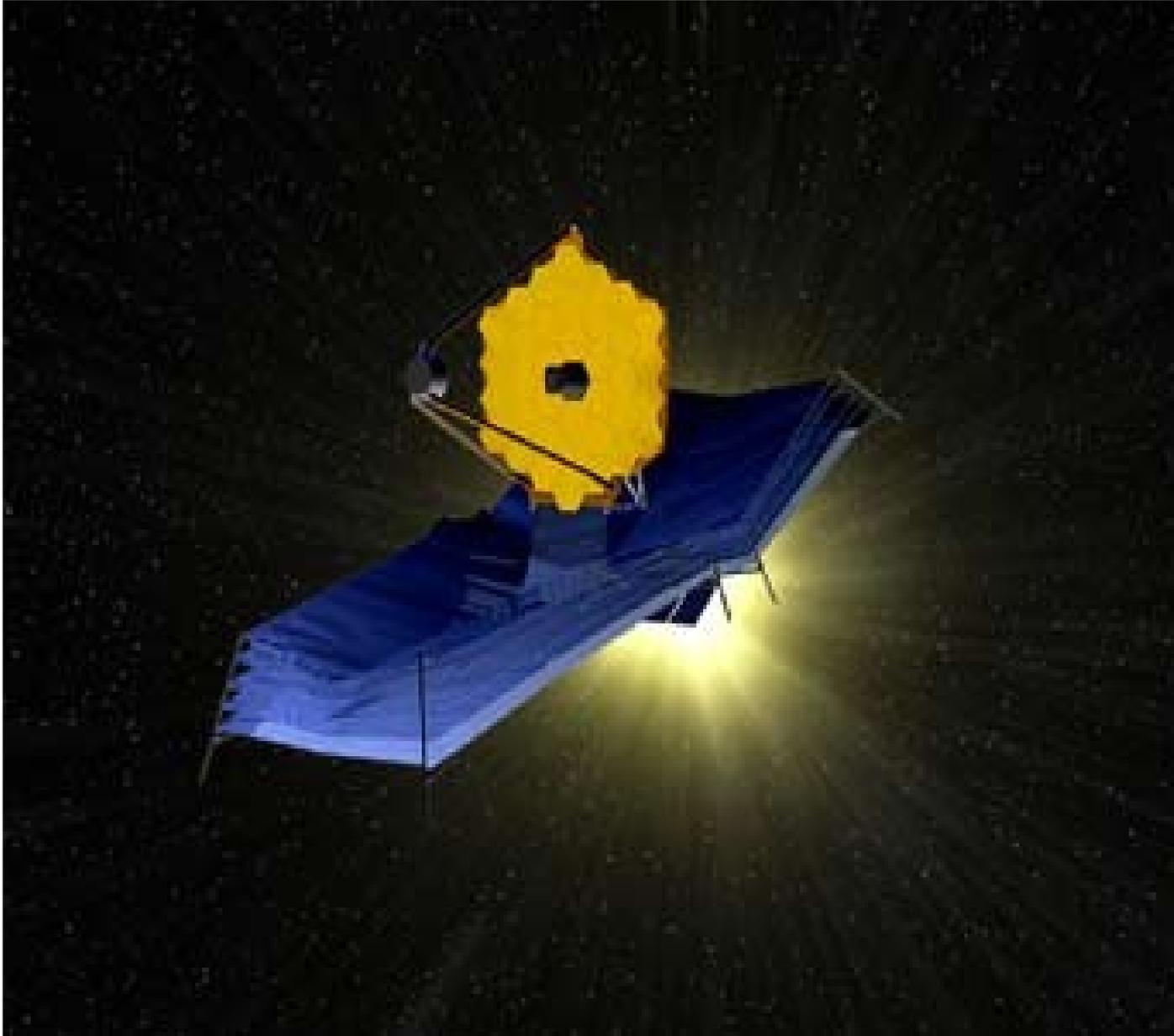
Satélite de raios X => 13,5 m

Spitzer



Infravermelho

James Webb Space Telescope



Espelho de 6m de
diâmetro e blindagem do
Sol

Observatório-UFSM

Telescópio Refrator Zeiss 2250/150mm

=> Diâmetro: 15cm

=> Distância focal: 2250 mm

=> Foco: Coudé

=> Oculares: Várias

=> Ampliação: $2250\text{mm}/40\text{mm}=56.$;
 $2240\text{mm}/6.5\text{mm}=345$

=> Ampliação máxima: 354 vezes



Laboratório de Astronomia e Energia (LAsEn/UFSM)

Telescópio Catadióptrico Celestron

- => Modelo: CPC Series – Starbright XLT
- => Diâmetro: 20,32 cm
- => Distância focal: 2032 mm
- => Foco: Schmidt-Cassegrain
- => GPS interno
- => Alinhamento e apontamento automáticos
- => Catálogo com mais de 40000 objetos
- => Detector CCD
- => Oculares: 26 mm, 32 mm e 40 mm
- => Ampliação: $2032\text{mm}/26\text{mm}=78.$;
 $2032\text{mm}/32\text{mm}=64$; $2032\text{mm}/40\text{mm}=51$
- => Ampliação máxima: 480 vezes de aumento

